

퍼지 이론을 이용한 자기 주도적 학습 평가에 관한 연구

김태경* · 백인호** · 김광백***

A Study on Evaluation Method of Self-Directed Learning by Using Fuzzy Theory

Tea-Kyung Kim* · In-Ho Paek** · Kwang-Baek Kim***

요 약

기존의 자기 주도적 학습 평가들은 대부분의 선다형 또는 단답형 문항에 대해서 학습평가가 시험 점수로 제공되고, 학습 평가의 정도를 객관적으로 평가 할 수 없어 학습의 효율성에 대해서 부정적인 시각도 있다. 본 논문에서는 학습자 스스로가 학습 능력 평가를 객관적으로 평가하기 위해 퍼지 이론의 삼각형 타입 소속 함수를 이용한 자기 주도적 학습 평가 방법을 제안한다. 제안된 자기 주도적 학습 평가 방법은 학습에 대해 시험 결과를 세개의 퍼지 등급으로 분류하여 소속도를 계산하고 퍼지 등급표를 적용하여 최종 퍼지 등급도에 따라 시험 결과를 평가하는 방법을 제시한다.

Key words : 퍼지이론, 자기 주도적 학습, 삼각형 소속함수, 퍼지 등급도

1. 서론

오늘의 세계는 과거 그 어느 때 보다도 모든 영역에서 엄청난 변화를 겪고 있다. 이러한 변화에 적응해 나가기 위해서는 다른 사람의 도움만을 기대할 수 없고, 자기 스스로 문제를 찾아 이를 해결해 가는 능력이 필요하다. 교육의 목적이 단순한 지식 전달에 있는 것이 아니라, 인간이 창출해 놓은 지식이 얼마까지 남아 곧 사장되어 버리고, 지식 자체의 습득보다는 지식을 획득해 가는 과정 즉, 탐구 과정, 문제 해결과정이 요구된다. 따라서 자기 주도적 학습은 학습 경험을 계획하고 필요를 진단하고 자료를 찾고 학습을 평가하는데 있어서 개인이 주도권을 갖는 과정이라 할 수 있다[1]. 기존의 자기 주도적 학습 평가들은 대부분의 선다형 또는 단답형 문항에 대해서 학습평가가 시험 점수로 제공되고[2], 기존의 웹을 이용한 자기 주도적 학습은 학습 능력의 정도를 객관적으로 평가 할 수 없어 학습의 효율성에 대해서 부정적인 시각도 있다.

따라서, 본 논문에서는 학습자 스스로가 학습 내용에 대한 시험 결과를 객관적으로 평가 할 수 있는 퍼지 이론(fuzzy theory)을 이용한 자기 주도적 학습 평가방법을 제안한다. 제안된 자기 주도적 학습 평가 방법은 학습에 대한 시험 결과를 세개의

퍼지 등급으로 분류하여 소속도를 계산하고 퍼지 등급표를 적용하여 최종 퍼지 등급도에 따라 학습에 대한 시험 결과를 평가하는 방법을 제시한다.

2. 자기 주도적 학습 개념 및 특징

자기 주도적 학습이란 넓게 말해서 다른 사람의 도움 유무에 관계없이 개인 스스로가 학습의 필요성을 인식하여 목표를 세우고 학습을 위한 여러 자료를 확인 한 후에 자신에게 알맞은 학습 방법을 선택하여 학습하고 학습 결과를 평가하는 과정이다. 자기 주도적 학습에서는 개인이 학습의 주도권을 가지고 있기 때문에 타인의 지시를 따르는 것이 아니라, 개인의 적극적인 학습 참여가 요구된다. 개인은 학습에 대한 강한 동기를 갖고 학습에 참여하여 학업 성취를 높이는 것이 중요하다.

이런 자기 주도적 학습의 특징은 학습자의 스스로 문제를 찾아 이를 해결해 가는 능력이 필요하고, 개인의 문제 해결 능력과 창의력을 증진시키는데 있어 학습 설계가 강조된다.

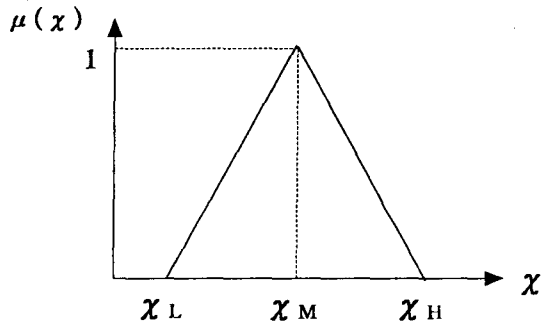
3. 퍼지 이론을 이용한 자기 주도적 학습 평가 방법

본 논문에서는 퍼지 이론의 삼각형 타입 소속함수를 이용한 자기 주도적 평가 방법을 제안한다.

3.1 삼각형 형태의 소속 함수 설계

소속 함수는 퍼지 집합의 중요한 구성요소이다. 이러한 결과로 다양한 형태의 소속함들이 제시되었다 [3,4]. 일반적으로 퍼지 집합이 개인의 주관성(subjectivity)을 표현하는데 사용되기 때문에 언어 값(linguistic value)을 표현함에 있어 개인간의 차이가 명확히 존재하지만 개인간의 비교를 위한 표준화의 필요성이 있다. 이러한 관점에서 퍼지 집합을 다룰 때 조정 가능한 매개 변수들을 갖는 표준 매개변수 소속함수를 사용하는 것이 편리하다. 삼각형 타입, 사다리꼴 타입, S 타입등의 소속 함수가 조정 가능한 매개 변수들을 갖는 표준 매개변수 소속함수의 전형적인 형태(shape)이라고 할 수 있다 [5].

본 논문에서는 세가지 표준 매개변수 타입 중 삼각형 형태의 소속함수를 적용한다. 삼각형 타입의 소속 함수는 그림3과 같다. 여기서 x 는 입력이고, $\mu(x)$ 는 입력값 x 의 소속도이다. 입력 x 는 $[x_L, x_H]$ 의 범위에서 소속도를 가진다. 만약 $x = x_M$ 이면 소속도는 1이 된다. 따라서 구간 $[x_L, x_H]$ 에 대해 입력 x 는 다음과 같이 소속도가 결정된다 [6,7,8].



[그림 3] 삼각형 타입의 소속 함수

$$\text{if } (x \leq x_L) \text{ or } (x \geq x_H) \text{ then } \mu(x) = 0$$

$$\text{if } (x > x_M) \text{ then } \mu(x) = \frac{(x_H - x)}{(x_H - x_M)}$$

$$\text{if } (x < x_M) \text{ then } \mu(x) = \frac{(x - x_L)}{(x_M - x_L)}$$

$$\text{if } (x = x_M) \text{ then } \mu(x) = 1$$

3.2 학습 응시 횟수의 소속 함수

학습 응시 횟수에 대한 소속 함수는 표 1에서 C_{HC} , C_{MC} , C_{LC} 와 같이 세개의 퍼지 값으로 구성한다.

<표 1> 학습 응시 횟수에 대한 퍼지 소속 함수의 변수

퍼지 변수	퍼지 값	소속 구간
C_{HC}	Count High Degree	[8,14]
C_{MC}	Count Middle Degree	[4,10]
C_{LC}	Count Low Degree	[0,6]

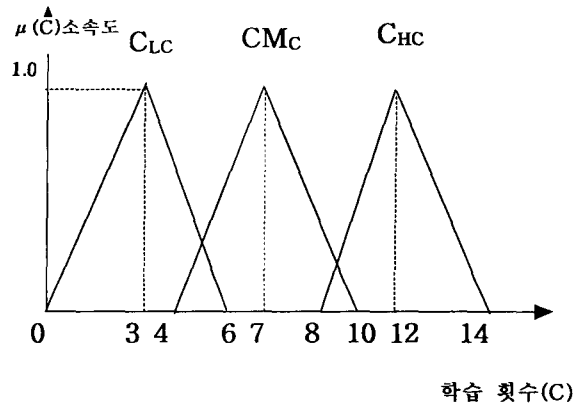
C_{LC} 는 학습 응시 횟수에 대한 높은 값을 가지고, 구간 [3,9]의 범위를 가진다. 소속도는 6일 때 1이 되고, 그림 4에서 C의 소속도는 다음과 같이 계산된다. 학습 응시 횟수의 소속 함수는 그림 4와 같다.

$$\text{If } (C \leq 3) \text{ or } (C \geq 9) \text{ then } \mu(C) = 0$$

$$\text{Else if } (C > 6) \text{ then } \mu(C) = \frac{9-C}{9-6}$$

$$\text{Else if } (C < 6) \text{ then } \mu(C) = \frac{C-3}{6-3}$$

$$\text{Else } (C = 6) \text{ then } \mu(C) = 1$$



[그림 4] 학습 응시 횟수에 대한 소속 함수

3.3 시험 평가에 대한 소속 함수

정보처리기사 시험문제는 4문항으로 구성한다. 구성된 문제를 대상으로 학습 능력을 평가하기 위해 소속 함수를 적용한다. 학습 평가에 대한 기준은 학습 응시 횟수와 이전 평균값, 현재 평균값으로 전체 평균값을 계산한다. 계산하는 식은 식(1)와 같다. 여기서 I는 총 학습 응시 횟수, M은 이전 평균, K는 현재 평균, TM은 전체 평균을 말한다. 이전 평균(M)은 시험 평가에 대해 이전 문제 평가의 평균값을 의미하며, 현재 평균(K)은 현 문제 평가에 대한 평균값이다. 따라서, 전체 평균값을 이용하여 학습 능력에 대해서 퍼지 등급표를 결정한다.

$$TM = \frac{M+K}{I} \quad (1)$$

학습 능력 평가에 대한 소속함수는 표 2와 같고, T_{HS}, T_{MS}, T_{LS} 의 세개의 퍼지 값으로 구성된다. T_{HS} 는 시험 평가에 대해 높은 값을 가지고, 구간 [6,10]의 범위를 가진다. 소속도는 8일 때 1이 되고, 그림 5에서 T의 소속도는 다음과 같이 계산된다.

If $(T \leq 6)$ or $(T \geq 10)$ then $\mu(T) = 0$

Else if $(T > 8)$ then $\mu(T) = \frac{10-T}{10-8}$

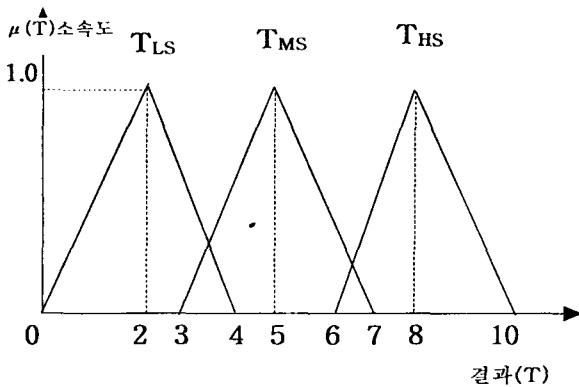
Else if $(T < 8)$ then $\mu(T) = \frac{T-6}{8-6}$

Else $(T = 8)$ then $\mu(T) = 1$

학습 능력 평가 소속 함수는 그림 5와 같다.

<표 2> 학습 능력 평가에 대한 퍼지 소속 함수의 변수

퍼지 변수	퍼지 값	소속 구간
T_{HS}	Test High Degree	[6,10]
T_{MS}	Test Middle Degree	[3,7]
T_{LS}	Test Low Degree	[0,4]



[그림 5] 시험 평가에 대한 퍼지 소속 함수

3.4 퍼지 등급표

학습자의 현재 문제 영역에 대한 이해 정도를 정확하게 파악하고 그 정도를 학습자에게 제시하는 일련의 행위를 평가라고 하는데, 평가상황에서 주관적인 평가가 포함되기 때문에 그 타당성에 대해 신뢰 할 수 없는 문제가 발생된다. 따라서 본 논문에서는 퍼지 이론을 이용하여 주관성이 포함 될 수

있는 부분들을 퍼지 등급을 이용하여 평가에 대한 객관성, 신뢰도 및 공정성을 갖도록 한다.

3.4.1 학습 능력 평가에 대한 퍼지 등급표

퍼지 점수의 등급(grade)을 다음과 같은 방법으로 판정한다. 두 퍼지 점수의 비슷한 정도를 나타내는 $S(F,M)$ 을 식(2)와 같이 계산한다.

$$S(F, M) = \frac{F \cdot M}{\max(F \cdot F, M \cdot M)} \quad (2)$$

여기서 F는 퍼지 등급표의 기준 점수 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ 이고, M은 어떤 학습자의 학습 능력 평가에 대한 퍼지 점수이고, A, B를 전체 집합 X의 퍼지 집합이라 할 때, $A \cdot B$ 의 연산은

$$A \cdot B = \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) \cdot \mu_B(x_i) \quad (3)$$

로 정의한다. 이때 학습 능력 평가에서 전체 평균 값인 TM 등급을 이용하여 다음의 조건을 만족하는 U로 정의하고, 퍼지 점수 M의 등급은 식 (4)와 같다. 따라서 학습 능력 평가에 대한 퍼지 등급표는 표 3과 같이 평가영역에 대해서 등급을 판정한다.

$$S(U,M) = \text{Max}\{S(\alpha, M), S(\beta, M), S(\gamma, M), S(\delta, M), S(\epsilon, M)\} \quad (4)$$

<표 3> 학습 능력 평가에 대한 퍼지 등급표

응시횟수	퍼지점수			전체 평균 (TM)	등급
	M1	M2	...·M6		
Count 1					
Count 2					
.					
.					
.					

위의 정의된 퍼지 등급표에서 2번의 학습 능력 평가를 실시한 결과, 퍼지 점수와 등급판정은 다음과 같다. 단 $\alpha(1), \beta(0.9), \gamma(0.7), \delta(0.6), \epsilon(0.5)$ 가정하자.

[과정1] $M1 = \{0, 0, 0.6, 0.8, 0.6, 0.6\}$ 총점 : 2.6

$$\text{COUNT1} = \text{Max}\{S(\alpha, M1), S(\beta, M1), S(\gamma, M1), S(\delta, M1), S(\epsilon, M1)\}$$

[과정2] $M2 = \{0, 0.8, 0.7, 0.5, 0.4, 0.2\}$ 총점 : 2.6

$$\text{COUNT1} = \text{Max}\{S(\alpha, M2), S(\beta, M2), \dots\}$$

$S(\gamma, M2), S(\delta, M2), S(\epsilon, M2) \}$
 [출력] COUNT1 = $S(\gamma, M1) = 0.7(\gamma)$,
 COUNT2 = $S(\beta, M2) = 0.9(\beta)$

퍼지 등급표에 의하면 총점이 같더라도 등급은 다르게 나올 수 있으므로 학습 능력 평가의 퍼지 등급은 같다고 할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 웹 환경에서 학습 능력 평가를 퍼지 등급표에 의해서 등급을 분류한다.

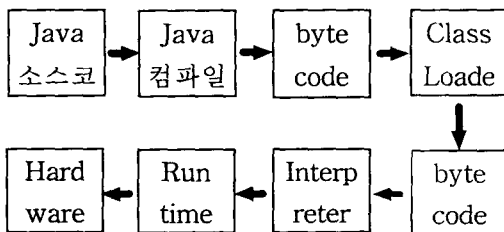
4. 실험 및 결과 분석

4.1 WBI기반의 JAVA와 DataBase연동

4.1.1 JAVA

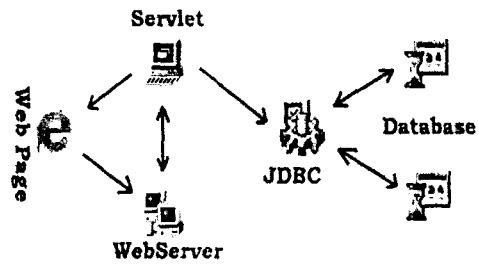
WBI 기반의 웹 페이지를 구현하는데 가장 중요한 기술은 웹을 동적으로 만드는 것과 웹에서 Database를 연동하는 것이다. 동적인 웹 페이지를 구현하는 기본적인 기술은 CGI인데, CGI 프로그램 작성에는 다양한 프로그래밍 언어가 사용된다. 웹과 데이터베이스를 연동하는 기술 및 드라이버에도 다양한 종류가 있다.

본 논문에서 사용한 환경과 기술은 아파치 웹서버, Personal Oracle 8i, 자바와 자바 서블릿, JDBC이다. 자바(JAVA)는 단순성(Sample), 객체지향(Object Oriented), 네트워크 적합(Network savvy), 신뢰성(Robust), 안전성(Secure), 구조 중립성(Architecture Neutral), 이식성(Portable), 해석(Interpreted), 높은 성능(High Performance), 멀티스레드(Multithreaded), 동적(Dynamic)등을 가지며, 소스와 실행 차원 모두에서 플랫폼에 대해 독립적으로 수행된다. 소스 차원에서는 자바의 원시 자료 유형이 모든 개발 플랫폼들 간에 일관성 있는 크기를 제공하기 때문에 하나의 플랫폼에서 다른 플랫폼으로 이식이 용이한 코드를 가지며, 소스를 재 컴파일 할 필요가 없이 독립적인 플랫폼이다. 자바 실행 과정은 그림 6와 같다.



[그림6] JAVA 실행 과정

본 논문에서의 JAVA 서블릿과 데이터베이스의 연동은 그림 7과 같다.



[그림 7] JAVA와 Database 연동

4.1.2 웹 환경에서의 데이터베이스(Database) 설계

본 논문에서 구현한 데이터베이스는 Personal Oracle 8i를 이용하여 관리자, 학습자, 문제내용으로 구성하였다. 스키마 구조는 표3, 표4, 표5과 같다.

<표3> 문제 테이블 SQL 구조

```

create table question(
    no number primary key,
    ctt varchar2(1000) not null,
    ex1 varchar2(1000) not null,
    ex2 varchar2(1000) not null,
    ex3 varchar2(1000) not null,
    ex4 varchar2(1000) not null,
    res varchar2(1000) not null,
    cmt varchar2(1000) not null);
  
```

<표 4> 관리자 테이블 SQL 구조

```

create table manager(
    id varchar2(15) primary key,
    pswd varchar2(15));
  
```

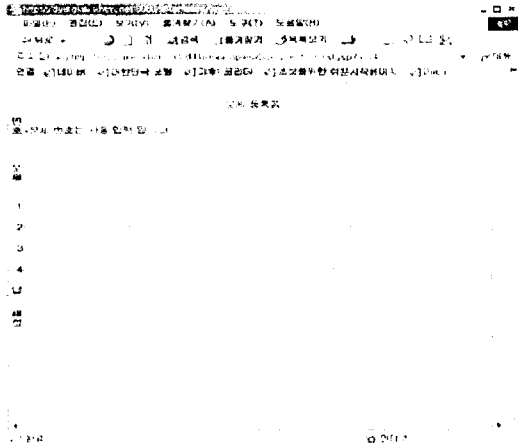
<표 5> 사용자 테이블 SQL 구조

```

create table userinfo(
    id varchar2(15) primary key,
    pswd varchar2(15),
    email varchar2(40),
    avg number,
    count number default 0,
    att_int number,
    att_str varchar2(20),
    first_login date default sysdate,
    last_login date);
  
```

4.1.3 웹 환경의 관리자, 학습자 정보 관리

웹 환경에서의 관리자는 학습 능력에 따라 문제를 등록한다. 등록된 문제는 웹 환경에서 학습자가 문제를 풀어 학습 능력 평가를 측정한다. 관리자 문제 등록은 그림 8와 같다.

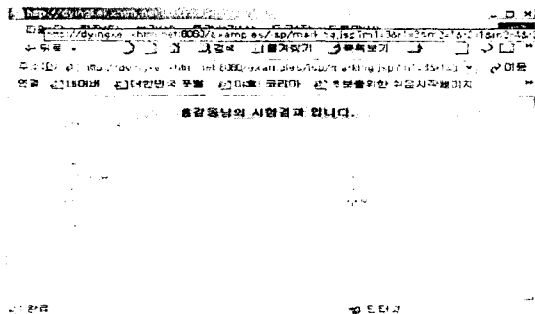


[그림 8] 웹 환경에서의 관리자 문제 등록

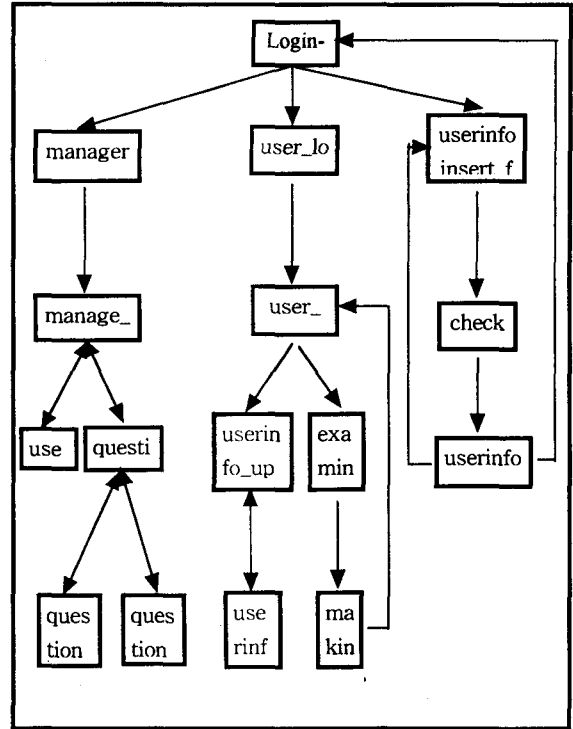
본 논문에서는 JAVA를 이용하여 JDBC에 연결되어 있는 데이터베이스 정보를 읽어서 웹 환경에서 학습 능력 평가를 측정하였다. 학습 능력 평가 측정 구성도는 그림 9와 같다.

4.2 웹 환경에서의 학습 능력 평가 측정

그림 10은 학습자의 학습 능력 평가를 나타낸 결과 화면이다. 평가 결과 화면은 시험 응시 횟수, 맞춘 문항수, 틀린 문항수, 풀지 않은 문항수, 이전의 평균값을 표시하고, 총 시험 응시횟수와 이전의 평균값을 계산하여 전체 평균값으로 표시한다. 계산된 전체 평균값은 퍼지 소속 함수에 적용하여 퍼지 등급표에 의해서 평가 영역의 등급을 판정한다.



[그림 10] 학습 능력 평가에 대한 측정 결과 예



[그림 9] 웹 환경에서 학습 능력 평가 구성도

그림 11은 전체 학습자의 학습 능력에 대한 평가 결과 화면을 나타내었다. 그림 11에서는 이전 평균값과 전체 평균값을 비교 할 수 있다. 퍼지 소속 함수로 계산된 퍼지 등급 판정 결과는 전체 평균값이 동일한 학습자간에 서로 다른 등급으로 분류되므로, 시험 점수의 학습 능력 평가를 객관적인 평가 등급으로 분류하였다.

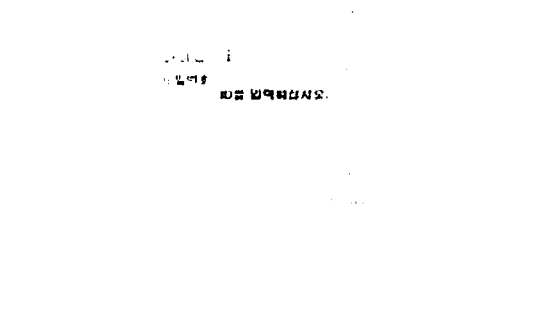
관리자	시험 횟수	맞춘 문항수	틀린 문항수	풀지 않은 문항수	이전 평균	전체 평균	평가 등급
김대중	5	4	0	0	80.0	80.0	우수
김대중	5	2	1	0	75.0	75.0	보통
노경남	2	3	1	0	75.0	75.0	보통
노경남	1	2	0	0	75.0	75.0	우수
배기영	4	1	2	1	60.0	60.0	보통
박영민	3	4	0	0	80.0	80.0	우수
박영민	2	3	1	0	80.0	80.0	보통
최지현	2	2	1	1	75.0	66.0	보통
최지현	6	2	1	1	60.0	76.0	보통
최지현	3	1	0	0	75.0	75.0	우수
홍교남	3	3	1	0	75.0	75.0	보통

[그림 11] 학습 능력 평가 결과에 따른 전체 학습자 리스트 화면

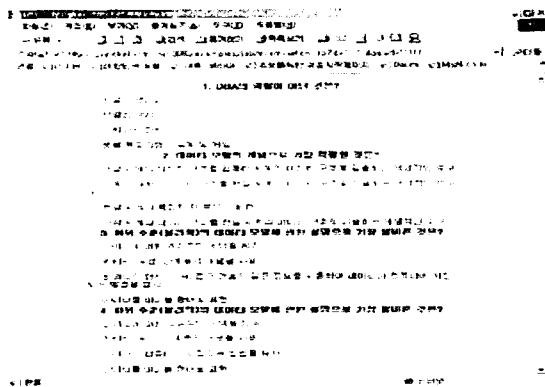
4.2.1 웹 환경에서의 인터페이스 구현

웹 환경에서의 학습 능력 평가 구현은 학습자, 관리자 화면으로 구성이 되며, 데이터베이스에 저장된 학습자 등록정보로 학습자를 확인하고, 시험 문제에 대해서 학습 능력 평가를 측정 할 수 있도록

하였다. 그림 12은 데이터베이스에서 학습자로 확인하는 화면이고, 그림 13은 데이터베이스에 등록된 문제이다.



[그림 12] 학습자 인증화면



[그림 13] 데이터베이스에 등록된 문제

용에 적용하여 학습의 효율성을 통계학적으로 분석할 것이다.

참고문헌

- [1] 서울특별시교육연구원, 자기 주도적 학습의 이론과 실제, 서울 : 문성인쇄, 1998.
- [2] 추교흠, 박소영, 김창수, "학습 성취도 분석을 위한 웹 기반 평가 시스템 구현," 한국멀티미디어학회 춘계학술발표논문집, 제 2권, 1호, pp.222-227, 1999.
- [3] 장이채, 김태균, "퍼지 수행 평가 방법과 수학 교육," 퍼지 및 지능시스템학회논문지, 제11권, 제2호, PP.742-754, 2001.
- [4] 신동희, 원성현, 정환목, "퍼지이론을 적용한 교육평가 방법에 관한 연구," 퍼지 및 지능시스템학회논문지, 제6권, 제1호, PP74-82, 1996.
- [5] T. A. Runkler and J.C. Bezdek, "Function approximation with polynomial membership functions and alternation cluster estimation," Fuzzy Sets and Systems, Vol.101, pp.207-218, 1999.
- [6] L. A. Zadeh, "A Fuzzy-Algorithmic Approach to the Definition of Complex or Imprecise Concepts," Int.Journal of Man-Machine Studies, Vol.8, pp.249-291, 1976.
- [7] Dubois, D. and Prade, H., Fuzzy Sets and System: Theory and application, Academic Press, p.393, 1980.
- [8] Dubois, D. and Prade, H., "A Review of Fuzzy Set Aggregation Connective", Information Science, Vol. 36, No.1, pp.85-121, 1985.

5. 결론 및 향후 연구 과제

지식 자체의 습득보다는 지식을 획득해 가는 과정 즉, 탐구 과정 및 문제 해결과정이 더 요구되고, 창의력이나 문제 해결 능력, 분석 능력 같은 사고 능력을 평가하는 지능적인 평가 방법들이 필요하다.

본 논문에서는 학습자 스스로가 학습 평가를 객관적으로 판단 할 수 있는 삼각형 타입의 소속 함수와 퍼지 등급도를 이용한 자기 주도적 학습 평가 방법을 제안하였다. 제안된 자기 주도적 학습 평가 방법은 시험 응시 횟수와 이전 평균값과 현재 평균값으로 전체 평균값을 계산하였다. 계산된 전체 평균값은 소속 함수에 적용하여 소속도를 계산하고, 퍼지 등급도를 분류하였다.

퍼지 등급표에 의해서 총점이 같아도 등급이 다르게 나올 경우에는 학습 능력 평가의 퍼지 등급이 다르게 분류 된다. 따라서, 학습자의 주관성이라는 모호함을 제안된 방법으로 객관화하여 학습자의 학습을 평가하였다.

향후 연구과제로는 제시된 방법을 다양한 학습 내