퍼지 및 지능시스템학회 논문지 2006, Vol. 16, No. 6, pp. 742-746

종합학습평가를 위한 퍼지추론 시스템

Fuzzy Inference System for the Synthesis Learning Evaluation

손창식* · 김종욱** · 정구범**

Chang-Sik Son, Jong-Uk Kim, Gu-Beom Jeong

* 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부

** 국립상주대학교 컴퓨터공학과

요 약

학습자에 대한 학습능력의 평가는 진단평가, 형성평가와 총괄평가 단계로 구분할 수 있다. 이러한 단계적 평가는 학습자의 사전 학습 준비상태부터 학습 과정의 충실성 및 학습 결과까지를 종합적으로 판단할 수 있는 기준이 된다.
본 논문에서는 퍼지추론을 이용하여 각 단계의 평가를 모두 고려한 종합학습평가 방법을 제안하였다. 학습 수행능력에 대한 객관적인 평가를 위하여 각 평가 단계별로 가중치를 부여하였고, 진단, 형성 및 총괄 평가에 대한 퍼지추론에서 획득한 비퍼지화 값을 최종평가의 소속함수 구간으로 적용하였다. 그 결과 객관성을 보장할 수 있는 명확한 추론을 수행할 수 있었으며, 종합적인 학습평가 방법의 타당성을 보였다

키워드 : 진단평가, 형성평가, 총괄평가, 종합평가, 퍼지추론

Abstract

Evaluation of learning ability of students is classified a step of diagnostic, formative and summative evaluation. This step-by-step evaluation is the standard of synthesis judgement, from a student's prior learning of preparation state to devotion of learning process and even learning result.
In this paper, we propose the method of synthesis learning evaluation which is considered evaluation of each step in using fuzzy inference. In order to get objective evaluation of learning ability, we applied to the weights by evaluation steps. And we reflected defuzzification values of final evaluation membership function interval obtained by fuzzy inference about diagnostic, formative and summative evaluation. As a result, it processes definite inference ensures objectivity and shows validity of the synthesis evaluation method.

Key Words : Diagnostic, Formative, Summative, Synthesis Evaluation, Fuzzy Inference

1. 서 론

학습자에 대한 지속적인 학습평가는 진단평가, 형성평가 및 총괄평가로 판단할 수 있다. 진단평가는 본 학습의 시작 전에 학습자의 학습 수행능력을 평가하게 되며, 형성평가는 수업활동이 진행되는 과정에서 학습자의 학습 능력의 향상 정도를 평가하게 되고, 총괄평가는 학습이 마무리되는 과정에서 학습자의 전체적인 능력을 평가 하게 된다. 또한 한 단원의 학습평가 결과는 다음 단원의 수업에 대한 진단평가 자료로 활용됨으로써 지속적인 학습평가가 가능해 진다[1-3].

그러나 현재 각 학교에서의 학습평가 방법은 대다수가 학습이 끝난 후 지필고사를 이용하고 있으므로 학습자의 학습 수행능력의 변화 정도를 명확히 판정하기가 어렵다. 이러한 문제점을 해결하는 방법으로 학습자에 대한 연속적인 학습 진단평가 및 수행평가와 함께 종합적인 최종 평가를 수행하는 것이며, 평가자의 업무부하를 감소시키기 위하여 자동화된 평가도구가 필요하다.

To whom correspondence should be addressed.
E-mail : jgb97@sangju.ac.kr
접수일자 : 2006년 11월 8일
완료일자 : 2006년 11월 30일

학습평가를 자동화하기 위한 연구로서, 참고문헌 [4]에서는 웹상에서의 퍼지추론을 이용한 서술식 평가시스템을 제안하였다. 이 연구에서는 학습자의 최종 평가를 서술식 문장으로 평가하기 위한 방법을 제안하였으나 학습자의 학습 능력의 향상 정도를 평가할 수 없으며, 최종 평가에 사용되는 비퍼지화된 실수 구간의 일반화를 위해 최적의 구간을 전문가에 의해서 결정되어야 한다는 제약점을 가진다. 참고문헌 [5]에서는 퍼지이론을 적용한 학습평가 방법을 제안하였으나, 학습자의 사전 지식에 따른 차등평가 처리 방법에 대한 연구가 미흡하다는 단점을 가진다.

따라서 본 논문에서는 학습자의 수행 능력과 학습 능력의 향상 정도를 통합 평가하기 위해서 수업 전에 실시되는 진단평가와 수업과정 중에 이루어지는 형성평가, 그리고 수업이 끝난 후 이루어지는 총괄평가를 모두 고려한 종합학습평가 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 각 평가단계의 수준 정도를 고려한 가중치를 적용하였고, 퍼지추론을 통해 학습자의 학습능력을 평가하였다. 모의실험에서는 제안된 학습평가 방법의 타당성을 보이기 위해 고등학교 1학년 수학의 「10-가」 단계를 평가대상으로 하였다. 진단, 형성, 총괄평가의 평가항목으로는 '수와 연산', '확률과 통계', '문자와 식'을 사용하였고 각각 3가지 등급(Low, Medium, Excellent)으로 나누어 평가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안하는 학습평가 시스템의 구조와 방법에 대해서 설명한다. 3장에서는 현재 고등학교 1학년 수학 「10-가」의 단계를 평가대상으로 하여 최종평가의 모의실험 결과를 고찰한다. 마지막으로 4장에서는 제안된 방법의 결론 및 향후연구과제에 대해서 간략히 언급한다.

2. 종합학습평가 시스템

2.1 종합학습평가 시스템의 구조

본 절에서는 종합학습평가 시스템의 전반적인 구조와 각 평가 시스템의 모듈에 대해서 기술한다.

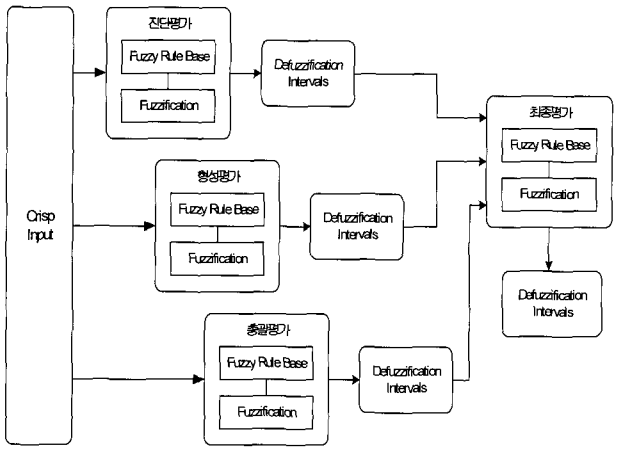

그림 2.1 종합학습평가 시스템의 구조

그림 2.1의 종합학습평가 시스템의 구조는 크게 6개의 모듈로 구성된다. Crisp input은 n개의 입력변수에 대한 자료를 입력하는 모듈이고, 진단평가와 형성평가 그리고 총괄평가 모듈에서는 각각의 평가에 따른 퍼지 규칙베이스와 퍼지화 부분으로 구성하였다. 또한 진단평가, 형성평가, 총괄평가의 비퍼지화 모듈은 각각 진단, 형성, 총괄평가를 통해 얻은 비퍼지화된 결과 값을 산출하며, 비퍼지화 방법으로는 일반적인 무게중심법을 이용하여 실수구간을 획득한다. 최종평가 모듈은 진단, 형성, 총괄평가를 통해 획득한 비퍼지화 실수구간을 최종평가의 입력변수 소속함수 구간으로 설정하여 종합평가의 비퍼지화된 실수 구간을 획득하게 된다.

2.2 사전학습평가 방법

사전학습평가는 진단, 형성, 총괄평가로 구성되며, 최종평가 결과를 획득하기 위한 전 단계로서 학습자의 학습 수행능력을 단계적으로 평가하기 위한 방법이다. 다음은 사전학습평가에서 사용되는 IF-THEN 규칙의 구조와 학습평가 단계를 나타낸다.

$$Rule\ R_j:\ If\ x_1\ is\ A_{j1}\ \text{and}\ ...\ \text{and}\ x_n\ is\ A_{jn} \quad (2.1)$$
$$then\ y\ is\ r_j\ with\ cf_j,\ j=1,2,...,N$$

여기서 $x_1,...,x_n$은 입력변수, y는 출력변수를 의미하고, $cf_j\,(0 \le cf_j \le 1)$는 규칙의 가중치를 나타낸다.

[Step 1] 각 규칙에 주어진 크리스프 입력에 입력부 적합도 $\mu_j(X)$를 계산한다.

$$\mu_j(X)=\mu_{j1}(x_1)\wedge\mu_{j2}(x_2)\wedge...\wedge\mu_{jn}(x_n) \quad (2.2)$$

여기서 $\mu_{ji}(\cdot)$는 입력 $A_{ji}(i=1,2,...,n)$의 소속함수를 나타낸다.

[Step 2] 입력부 적합도를 근거로 각 규칙의 함의(implication) 결과들을 계산한다. 여기서는 product 연산을 사용하였다.

$$\mu_{o_j}(Y)=\mu_j(X)\cdot cf_j\cdot r_j,\ j=1,2,..,m \quad (2.3)$$

[Step 3] 계산된 함의 결과들로부터 최종추론 결과(aggregation)를 계산한다.

$$\mu_o(Y)=\mu_{o1}(y)\vee\mu_{o2}(y)\vee...\vee\mu_{om}(y) \quad (2.4)$$

[Step 4] 최종추론 결과로부터 비퍼지화한다. 본 논문에서는 비퍼지화 방법으로 무게중심법을 사용하였다.

$$D=\frac{\sum_{j=1}^{n}(r_j\times\mu_{r_j}(Y))}{\sum_{j=1}^{n}(\mu_{r_j}(Y))} \quad (2.5)$$

2.3 최종평가 방법

최종평가에서는 식 (2.5)로부터 획득한 사전학습평가의 비퍼지화된 실수 구간을 종합학습평가의 입력 소속함수로 구성하여 평가하였다. 또한 최종평가에서 사용된 IF-THEN 규칙의 구조는 식 (2.1)과 동일한 형태로 구성하였다.

다음은 최종평가에서 보다 명확한 비퍼지화된 실수 구간을 얻기 위해 식 (2.3)의 함의 연산 후 출력부 소속함수의 적합도가 가장 큰 소속함수 값을 가지는 라벨을 선택하고 비퍼지화하였다.

$$W_i=\begin{cases}\max(\mu_{o_i}(Y)) & \text{if } \mu_{o_i^j}(Y)\neq\mu_{o_i^k}(Y)\\ \varnothing & otherwise\end{cases} \quad (2.6)$$

여기서 $\mu_{o_i^j}(Y)\neq\mu_{o_i^k}(Y),\ (j,k=1,2,..,m)$는 i번째 함의 결과들 중에서 가장 큰 소속함수 값을 가지는 라벨을 선택함을 의미한다. 만약 가장 큰 소속함수 값을 가지는 라벨이 서로 동일한 것이 하나 이상 존재한다면 이때의 입력 패턴은 고려하지 않음을 나타낸다.

3. 모의실험

3.1 사전학습평가

사전학습평가에서 사용된 각각의 입력변수는 고등학교 1학년 수학에서 '수와 연산', '확률과 통계' 그리고 '문자와 식'이라는 3가지 항목으로 구성하였다. 다음은 사전학습평가에서 공통적으로 사용된 입력과 출력변수의 소속함수 구간과 규칙을 나타낸다.

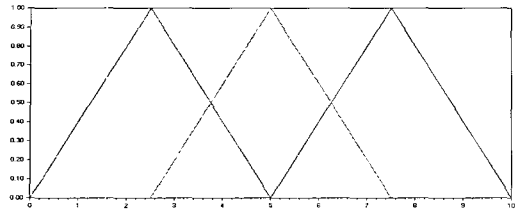

그림 3.1 사전학습평가에서 사용된 입력, 출력 변수의 소속함수 구간

표 3.1 진단평가에서 사용된 규칙

규칙	NO	PS	CE	EV	규칙	NO	PS	CE	EV
1	E	E	E	E	15	M	M	L	L
2	E	E	M	E	16	M	L	E	E
3	E	E	L	M	17	M	L	M	M
4	E	M	E	E	18	M	L	L	L
5	E	M	M	E	19	L	E	E	E
6	E	M	L	M	20	L	E	M	M
7	E	L	E	E	21	L	E	L	L
8	E	L	M	M	22	L	M	E	M
9	E	L	L	L	23	L	M	M	M
10	M	E	E	E	24	L	M	L	L
11	M	E	M	M	25	L	L	E	M
12	M	E	L	L	26	L	L	M	M
13	M	M	E	E	27	L	L	L	L
14	M	M	M	M					

<표 3.1>에서 NO는 수와 연산, PS는 확률과 통계, CE는 문자와 식, EV는 평가를 의미하고 L, M, E는 Low, Medium, Excellent를 나타낸다. 또한 사전학습평가에서 각각 사용된 27개의 규칙은 전문가에 의해서 정해진 규칙을 활용하였으며, 일반화된 비퍼지화 실수 구간을 얻기 위해 진단, 형성, 총괄평가의 소속함수에서 2~8까지의 실수구간 입력 범위를 고려하여 모의실험을 하였다. 실수 구간을 얻기 위한 각각의 입력 패턴으로는 343개의 데이터를 사용하였고, 진단, 형성, 총괄평가의 각 규칙의 가중치는 최종평가에 반영되는 정도에 따라 0.2, 0.3, 0.5로 하였다.

그림 3.2는 식 (2.5)를 통해 얻은 사전학습평가 중에서 진단평가의 비퍼지화된 출력 패턴(Low, Medium, Excellent)을 나타낸다. 여기서 Pattern Numbers 항목은 Low, Medium, Excellent로 분류된 입력 패턴들의 수를 의미하고, Defuzzification Intervals은 실수 구간값을 나타낸다.

실험을 분석한 결과, Low, Medium 및 Excellent 패턴으로 분류된 비퍼지화 실수 구간은 표 3.2와 같음을 알 수 있었다.

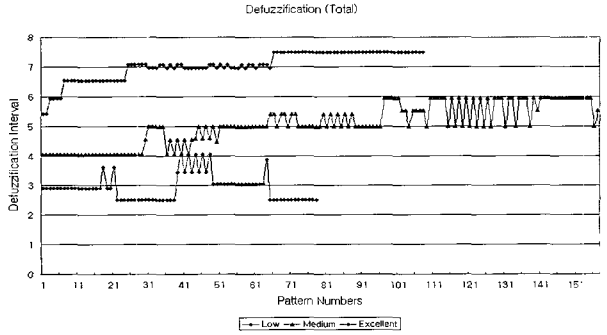

그림 3.2 진단평가의 전체 비퍼지화 출력패턴

표 3.2 진단평가의 퍼지추론 결과

출력 항목	실수 구간	패턴 수
Low	2.500~4.060	78
Medium	4.045~5.955	157
Excellent	5.411~7.500	108

다음의 표 3.3은 진단평가 후 수업 진행 동안에 형성평가 단계에 사용된 퍼지규칙을 나타냈으며, 그림 3.3은 최종 생성된 비퍼지화 실수 구간을 나타낸 것이다. 형성평가는 진단평가에 비해 최종 평가에 미치는 영향이 크므로 규칙의 확신정도를 0.3으로 설정하여 모의실험을 하였다.

표 3.3 형성평가에서 사용된 규칙

규칙	NO	PS	CE	EV	규칙	NO	PS	CE	EV
1	E	E	E	E	15	M	M	L	L
2	E	E	M	E	16	M	L	E	M
3	E	E	L	E	17	M	L	M	M
4	E	M	E	E	18	M	L	L	L
5	E	M	M	E	19	L	E	E	E
6	E	M	L	M	20	L	E	M	M
7	E	L	E	E	21	L	E	L	M
8	E	L	M	E	22	L	M	E	M
9	E	L	L	L	23	L	M	M	M
10	M	E	E	E	24	L	M	L	L
11	M	E	M	M	25	L	L	E	L
12	M	E	L	L	26	L	L	M	L
13	M	M	E	E	27	L	L	L	L
14	M	M	M	M					

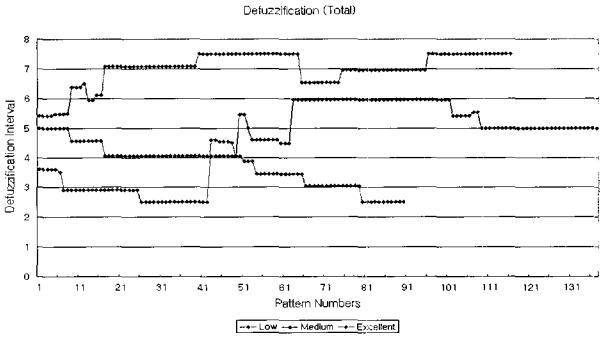

그림 3.3 형성평가의 전체 비퍼지화 출력패턴

진단평가에서처럼, 형성평가의 전체 비퍼지화 출력패턴 구간을 분석한 결과 표 3.4와 같음을 알 수 있었다.

표 3.4 형성평가의 퍼지추론 결과

출력 항목	실수 구간	패턴 수
Low	2.500~4.589	90
Medium	4.045~5.955	137
Excellent	5.411~7.500	116

다음은 진단과 형성평가 후 수행된 총괄평가에서 사용된 규칙과 최종 생성된 비퍼지화 실수 구간을 나타낸 것이다. 총괄평가는 진단평가와 형성평가에 비해 최종평가에 미치는 영향이 크므로 규칙의 확신정도를 0.5로 설정하여 모의실험

을 하였다.

표 3.5 총괄평가에서 사용된 규칙

규칙	NO	PS	CE	EV	규칙	NO	PS	CE	EV
1	E	E	E	E	15	M	M	L	M
2	E	E	M	E	16	M	L	E	E
3	E	E	L	E	17	M	L	M	M
4	E	M	E	E	18	M	L	L	L
5	E	M	M	E	19	L	E	E	E
6	E	M	L	M	20	L	E	M	M
7	E	L	E	E	21	L	E	L	L
8	E	L	M	M	22	L	M	E	M
9	E	L	L	L	23	L	M	M	M
10	M	E	E	E	24	L	M	L	L
11	M	E	M	E	25	L	L	E	L
12	M	E	L	L	26	L	L	M	L
13	M	M	E	E	27	L	L	L	L
14	M	M	M	M					

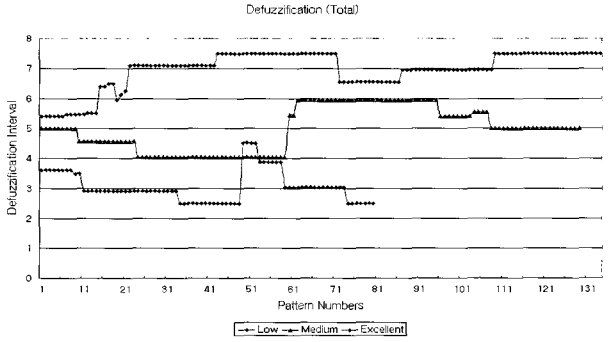

그림 3.4 총괄평가의 전체 비퍼지화 출력패턴

그림 3.13의 전체 비퍼지화 출력패턴을 분석한 결과 출력 항목의 실수 구간이 다음과 같음을 알 수 있었다.

표 3.6 총괄평가의 퍼지추론 결과

출력 항목	실수 구간	패턴 수
Low	2.500~4.531	80
Medium	4.045~5.955	129
Excellent	5.411~7.500	134

3.2 최종평가

최종평가에서는 사전학습평가(진단, 형성, 총괄평가)에 의해 획득한 결과로부터 학습자의 수행 능력과 학습 능력 향상 정도를 좀 더 명확하게 해석하고, 통합평가를 하기 위해 사전학습평가에서 획득한 비퍼지화 실수 구간을 최종평가의 입력 소속함수 구간으로 설정하여 처리하였다.

그림 3.5~3.7은 사전학습평가에서 얻은 진단, 형성, 총괄평가의 비퍼지화 실수 구간을 입력 소속함수 구간으로 나타낸 것이다.

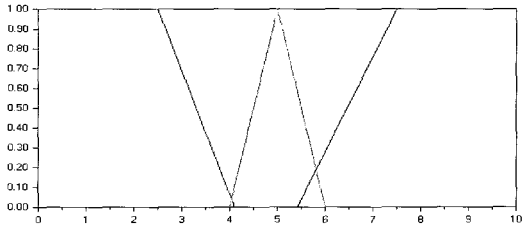

그림 3.5 최종평가에서 첫 번째 입력부 소속함수 (진단평가)

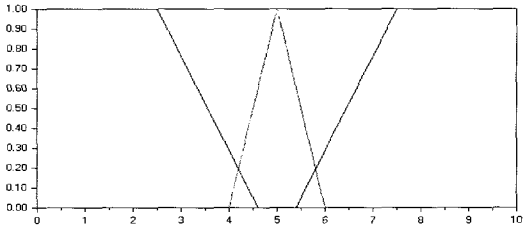

그림 3.6 최종평가에서 두 번째 입력부 소속함수 (형성평가)

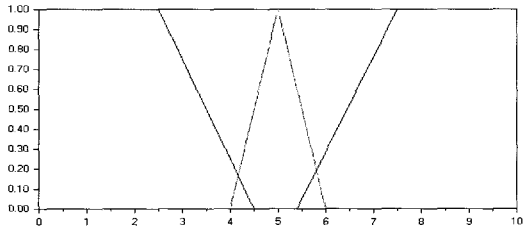

그림 3.7 최종평가에서 세 번째 입력부 소속함수 (총괄평가)

표 3.7 최종평가에서 사용된 규칙

규칙	NO	PS	CE	EV	규칙	NO	PS	CE	EV
1	E	E	E	E	15	M	M	L	L
2	E	E	M	E	16	M	L	E	M
3	E	E	L	M	17	M	L	M	M
4	E	M	E	E	18	M	L	L	L
5	E	M	M	E	19	L	E	E	E
6	E	M	L	M	20	L	E	M	M
7	E	L	E	E	21	L	E	L	L
8	E	L	M	M	22	L	M	E	E
9	E	L	L	L	23	L	M	M	M
10	M	E	E	E	24	L	M	L	L
11	M	E	M	E	25	L	L	E	M
12	M	E	L	M	26	L	L	M	L
13	M	M	E	E	27	L	L	L	L
14	M	M	M	M					

<표 3.7>은 사전평가에서 얻은 모든 결과들을 종합하여 최종평가에 반영하기 위해 사용된 퍼지규칙을 나타낸다.

최종평가에서는 비퍼지화된 실수 구간을 얻기 위해 소속함수에서 각각 3.5~7까지의 실수 입력 범위를 고려하여 실험하였다. 그 결과는 그림 3.8과 같이 3개의 입력(진단, 형성, 총괄)에 대해서 342개의 입력 패턴을 식 (2.6)에 적용한 후 비퍼지화한 출력 패턴을 나타낸다.

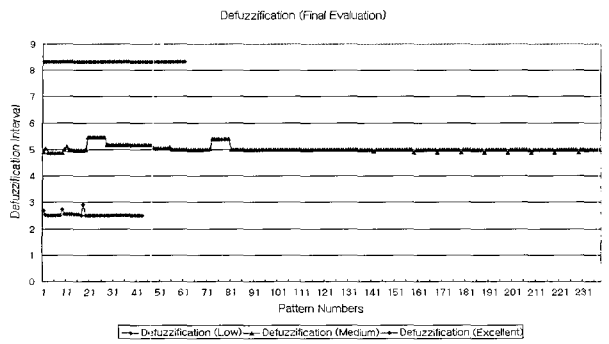

그림 3.8 최종평가의 전체 비퍼지화 출력패턴

진단, 형성, 총괄평가를 고려한 최종평가의 비퍼지화 된 출력 패턴의 실수 구간을 분석한 결과, 3개 항목(Low, Medium, Excellent)의 실수 구간은 다음과 같음을 알 수 있었다.

표 3.8 최종평가의 퍼지추론 결과

출력 항목	실수 구간	패턴 수
Low	2.500~2.913	43
Medium	4.860~5.479	238
Excellent	8.323	61

Low, Medium, Excellent 구간에서 알 수 있듯이 최종평가로 획득한 추론 구간은 사전학습평가로부터 획득한 비퍼지화 실수 구간을 이용함으로써 보다 명확한 추론 결과를 얻을 수 있었고, 종합적으로 학습 평가할 수 있음을 볼 수 있다.

4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 기존의 학습평가 시스템의 제약점을 개선하기 위해 진단, 형성, 총괄평가를 통합한 종합학습평가 방법을 제안하였다.

제안된 종합학습평가 방법에서는 각 평가의 객관적인 평가를 위해 최종평가에 반영되는 비율을 규칙의 확신정도로 반영하여 추론 구간을 획득하였고, 획득한 추론 구간의 객관성을 보증하기 위해 이전 단계에서 획득한 구간을 최종평가 항목의 입력 소속함수 구간에 반영하였다. 실험결과, 최종 평가에서 추론 구간의 객관성을 보증할 수 있음을 보였다.

향후 연구과제로는 지속적인 학습평가를 위한 규칙의 자동생성 및 제거방법과 종합학습평가 방법의 표준화 방안이 요구된다고 사료된다.

참 고 문 헌

[1] 성태제, 현대교육평가, 학지사, 2002.
[2] 정창욱, "퍼지 이론을 이용한 학습평가 방법에 관한 연구", 신라대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2003.
[3] 윤준호, "진단평가와 형성평가 및 보충학습이 학업성취도에 미치는 효과", 충남대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2005.
[4] 사공걸, 김두완, 정환묵, "웹 상에서의 퍼지추론을 이용한 서술식 평가 시스템," 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제12권 제6호, pp. 549-553, 2002.
[5] 신동희, 원성현, 정환묵, "퍼지이론을 적용한 교육평가방법에 관한 연구", 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지 제6권 제1호, pp 74~82, 1996.
[6] G. J. Klir and B. Yuan, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Application, Fuzzy Login and Control, Engelwood Cliffs: Prentice-Hall, 1995.
[7] L. A. Zadeh, "Fuzzy Sets", Information and Control, Vol 8, pp. 338-353, 1965.
[8] R. R. Yager, "On the Construction of Hierarchical Fuzzy Systems Model", IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 28, No. 1, pp.55-66, 1998.

저 자 소 개

손창식(Chang-Sik Son)
2000년 : 대구가톨릭대학교 전자정보공학부 학사
2002년 : 대구가톨릭대학교 전산통계학과 석사
2006년 : 대구가톨릭대학교 전산통계학과 박사
2004년 ~ 현재 : 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 강의전담교수

관심분야 : 패턴분류, 퍼지 파라미터 튜닝 및 최적화
E-Mail : fuzzyrisk@paran.com

김종욱(Jong-Uk Kim)
1988년 : 청주교육대학교 초등교육(과학교육) 학사
2005년 ~ 현재 : 상주대학교 컴퓨터공학과 석사과정
2003년 ~ 현재 : 구미지산초등학교 교사

관심분야 : 퍼지, 학습평가
Phone : 054 - 530 - 5356
E-Mail : tess9077@naver.com

정구범(Gu-Beom Jeong)
1983년 : 인하대학교 전자계산학과 학사
1989년 : 부산대학교 전자계산학과 석사
1998년 : 대구가톨릭대학교 전산통계학과 박사
1997년 ~ 현재 : 상주대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 퍼지, 신경망, 러프집합, 전자상거래
Phone : 054 - 530 - 5356
E-Mail : jgb97@sangju.ac.kr