논문
8-3-1

퍼지 추론기반 학습평가 시스템 (Learning Evaluation System Based on Fuzzy Inference)

강전근(jeon-geun kang)[1)]

요 약

각 급 학교에서는 학습이 끝난 후에 실시하는 총괄평가의 결과만으로 학습평가를 하고 있는데 이러한 평가 방식은 학습자의 학습능력의 형성과정을 고려하지 않는 결과위주의 학습평가로 볼 수 있다..

또 기존의 학습평가는 학습 수행능력을 판정하기 위한 진단평가와 학습능력의 향상 정도를 측정하기 위한 형성평가를 각기 개별적으로 수행하여 평가하기 때문에 학습 수행능력을 보다 명확하게 처리하기 곤란한 점이 있다.

따라서 본 논문에서는 학습자의 능력을 보다 객관적으로 평가하기 위한 방안으로 퍼지 추론을 이용하여 진단평가와 형성평가를 통합 평가할 수 있는 학습평가 방법을 제안한다.

ABSTRACT

Many studies have reported that each evaluation had a stronger effect on the development of a student's learning ability. Nevertheless, in reality schools rely on the results of summative evaluation after the lesson only for the purpose of learning evaluation. Such a method of evaluation is a result-oriented learning evaluation, with no consideration of developing process of learning ability of each student. Existing learning evaluation has been considered difficult to process learning performance ability in a clearer manner, as it examines learning performance ability by diagnostic evaluation and learning ability improvement by formative evaluation, separately.

Therefore, this paper proposes a learning evaluation method incorporating diagnostic and formative evaluation, using a Fuzzy inference, for a more objective assessment of performance ability. The proposed method assessed learning ability based on different weight values, in order to reflect the level of diagnostic and formative evaluation.

논문접수 : 2007. 5. 15.
심사완료 : 2007. 5. 30.

1) 정회원 : 한국폴리텍Ⅲ대학 멀티미디어과

1. 서 론

교과목과 학생이 많은 경우, 학기말의 지필고사에 의한 평가 결과로 학습자의 학습능력을 판정하게 된다. 따라서 학습이 끝난 다음에 최종평가의 결과만으로 학습자의 능력을 판정하는 것은 평가의 각 유형을 반영하지 않아, 학습능력을 명확히 판정하기 어렵다.

학습자의 초기 학습능력을 측정하는 진단평가와 학습과정에서의 능력변화를 알 수 있는 형성평가, 한 단원의 학습이 끝난 후의 총괄평가 결과를 학습평가의 판정요소로 삼아 각 단계의 성취도를 최종평가에 결합하여 학습자의 변화과정을 반영할 때, 학습 발달 상황을 보다 명확히 측정할 수 있게 된다. 따라서 학습자의 학습능력을 명확히 판정하기 위한 방안으로 퍼지방법을 기반으로 진단평가와 형성평가 결과를 통합 측정하는 방안을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1. 학습평가의 개념

평가는 수업과 관련이 있는 활동이다. Glaser는 일반적인 수업과정의 단계를
다음과 같이 설명하고 있다. 일반적 수업모형에서는 첫째, 수업목표를 설정하여 무엇을 가르칠 것인가 명백히 하고 둘째, 이 수업목표를 성취하기 위하여 학생들이 사전에 갖추어야할 투입행동의 종류와 수준을 진단하고 셋째, 투입행동의 진단 결과에 의거하여 어떤 학습지도를 어디서부터 시작할 것인가 결정하여 수업을 이끌어나가고 넷째, 최종적으로 학습지도의 성과가 어떠한가를 평가하는 단계로 대별하고 있다.

진단평가는 한 단원의 도입부에 실시되어 학습자의 출발점 수준을 진단하며 학습 진행을 돕고 학습능력의 향상을 가져오는 학습과정의 중요한 요소로 작용한다. 이런 관점으로 학습평가를 본다면 수업 전 평가가 있어야만 수업목표가 학습자의 개별 수준에 맞게 설정될 수 있고 학습의 흐름도 조절할 수 있으며 다음 단계 학습의 성취도 예진할 수 있다.

수업의 진행 중에 학습자와 교사의 상호작용을 확인하는 행위로서 투입된 교수·학습이 학습자에게 피이드백 효과를 준다. 학습평가에서도 이런 피이드백 효과를 고려해야 학습자의 향상을 가늠하는 평가가 될 수 있을 것이다.

수업 후에는 학습자의 학습 성취를 측정할 수 있는 평가로 학습자의 성취수준을 규준 지을 수 있다. 이런 각 단계의 평가유형이 학습평가의 한 요소로 규정되어 학습자의 변화 과정을 평가의 결과에 반영하여야 명확한 학습평가로 볼 수 있을 것이다.

그러므로 교수·학습이 끝난 다음에 그 효과를 측정하여 교육목표의 달성 여부를 종합적으로 판정하는 총괄평가만으로 학습자의 학습능력을 판정하는 기존 평가의 틀은 개선되어야 한다. 학습자의 학습능력에 대한 최종 학습평가는 평가의 각 유형이 반영되어야 명확한 판정을 내리는데 도움이 될 수 있을 것이다. 이러한 일련의 과정을 교육 평가의 개선으로 볼 수 있다.

2.2 퍼지 집합

Zadeh에 의하여 발표된 퍼지 집합을 다음과 같이 정리한다.

X는 집합이고 L은 속(Lattice)이라 할 때 L 은 폐구간[0,1]이 될 수 있다.

X에서 퍼지 집합 A는 각 요소 $x \in X$이고 소속정도(degree of membership)

$\mu_A(X) \in L$과 관련된 소속 함수 μ_A: $X \rightarrow L$에 의하여 응용된다.

A와B를X에서 퍼지 집합이라 하면,

$A=B$ iff $\mu_A(x)=\mu_B(x)$for all $x \in X$

$A \subset B$ iff $\mu_A(x) \leqq \mu_B(x)$for all $x \in X$

$C=A \cup B$ iff $\mu_A(x)=\max[\mu_A(x),\mu_A(x)]$for all $x \in X$.

$D=A \cap B$ iff $\mu_D(x)=\min[\mu_A(x),\mu_A(x)]$for all $x \in X$.

이 되고

A의 여집합을 A′로 두면 다음과 같다.

3. 모델제안 및 평가

퍼지 학습평가 시스템의 구조는 크게 6개의 모듈로 구성된다. 입력부는 n개의 입력변수에 대한 자료를 입력하는 모듈이고, 진단평가와 형성평가 모듈은 각각의 평가에 따른 퍼지 규칙베이스와 퍼지화 부분으로 구성하였다. 진단평가 및 형성평가 비퍼지화 모듈은 각각 진단평가와 형성평가를 통해 얻은 비퍼지화된 결과값을 산출하며, 비퍼지화 방법으로는 일반적인 무게중심법을 이용하여 실수구간을 획득한다. 최종평가 모듈은 진단평가와 형성평가를 통해 획득한 비퍼지화 실수 구간을 최종평가의 입력변수의 소속함수 구간으로 설정함으로써 통합평가의 비퍼지화된 실수 구간을 획득하게 된다. 다음은 평가 단계를 나타낸다.

[Step 1] 각 규칙에 주어진 입력 패턴의 입력부 적합도 W_j을 계산한다.

$$W_j = \mu_A(C_1) \wedge \mu_B(C_2) \wedge \ldots \wedge \mu_M(C_M) \tag{3.2}$$

여기서, $W_j(j=1,2,\ldots,n)$는 n개의 입력부 적합도를 나타낸다.

[Step 2] [Step 1]에서 계산된 입력부 적합도를 근거로 각 규칙의 함의 결과들을 계산한다. 여기서는 product 연산을 사용하였다.

$$\mu_{E_i}(E) = W_j \cdot \mu_{E_j}(E) \cdot CF_i \tag{3.3}$$

여기서, $i=1,2,\ldots,n$을 나타낸다.

[Step 3] [Step 2]에서 계산된 함의 결과 중에서 출력부 소속함수의 적합도가 가장 큰 소속함수를 추출한다.

$$S^i = \begin{cases} \max(\mu_{E_k^i}(E)) & \text{if } \mu_{E_j^i}(E) \neq \mu_{E_k^i}(E) \\ \varnothing & \text{if } \mu_{E_j^i}(E) = \mu_{E_k^i}(E) \\ & (k=1,2,..,m) \end{cases} \tag{3.4}$$

[Step 4] [Step 3]에서 얻은 소속함수를 통합한다.

$$F_i = \max(S^i(E)) \tag{3.5}$$

[Step 5] 무게중심법으로 비퍼지화한다.

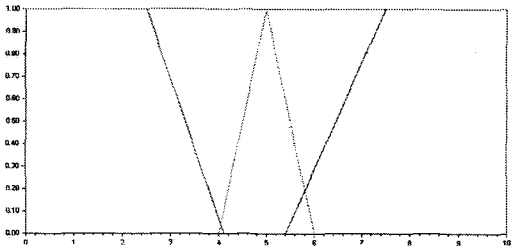
$$D = \frac{\sum_{i=1}^{n}(F_i \times \mu_{F_i}(E))}{\sum_{i=1}^{n}(\mu_{F_i}(E))} \tag{3.6}$$

4. 모의실험

4.1 실험

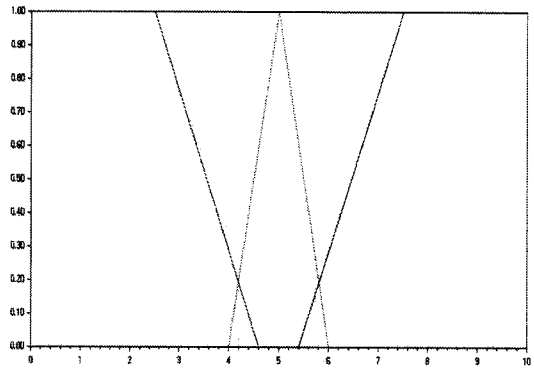
진단평가와 형성평가 단계에서 얻은 비퍼지화된 실수 구간을 최종평가의 입력변수의 소속함수로 나타낸 것을 의미한다.

최종평가에서 사용된 9개의 규칙은 전문가로부터 획득한 규칙을 사용하였고, 최종평가에서 일반화된 비퍼지화 실수 구간을 얻기 위해 [그림1]과 [그림2]의 소속함수에서 각각 3.5~7까지의 실수 입력 범위를 고려하여 모의실험 하였다. 그리고 일반화된 비퍼지화 구간을 얻기 위해 사용된 전체 입력 패턴의 수는 902개의 데이터(0.1 간격)를 사용하였다.



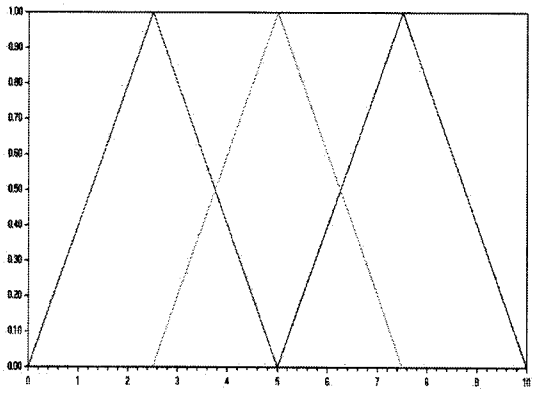
[그림1] 최종평가의 첫 번째
입력변수(진단평가)의 소속함수 구간

[Fig. 1] First Input Variable of Final Evaluation from the Membership Function



[그림 2] 최종평가의 두 번째 입력변수(형성평가)의 소속함수 구간

[Fig. 2] Second Input Variable of Final Evaluation from the Membership Function



[그림 3] 최종평가의 출력변수의 소속함수 구간

[Fig. 3] Output Variable of the Final Evaluation from the Membership Function

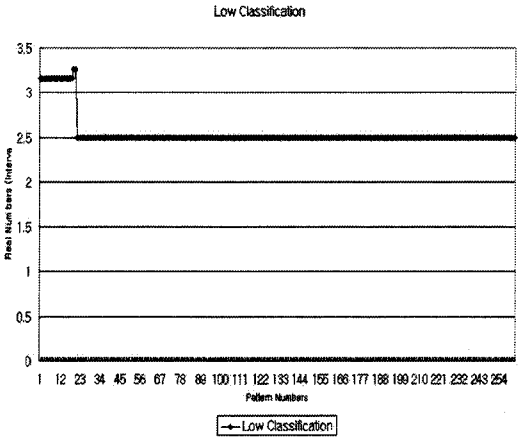
최종평가의 추론규칙은 진단평가와 형성평가의 종합적 반영이 되어야 하므로 규칙도 전체적인 영향을 고려하여 결정하였다.

<표 1> 최종평가의 추론규칙

<Table 1> Inference Rule of the Final Evaluation

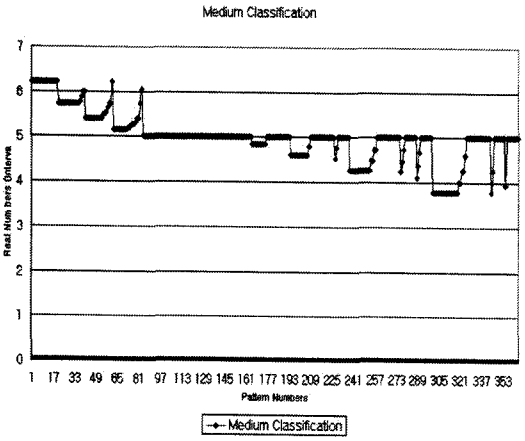
평가구분 / Rule	진단평가	형성평가	최종평가
Rule1	H	H	H
Rule2	H	M	M
Rule3	H	L	L
Rule4	M	H	H
Rule5	M	M	M
Rule6	M	L	L
Rule7	L	H	H
Rule8	L	M	M
Rule9	L	L	L

다음은 동일한 출력부 소속함수의 적합도를 제거한 887개의 입력 패턴에 대한 최종평가의 각 속성의 비퍼지화된 실수 구간을 나타낸 것이다.



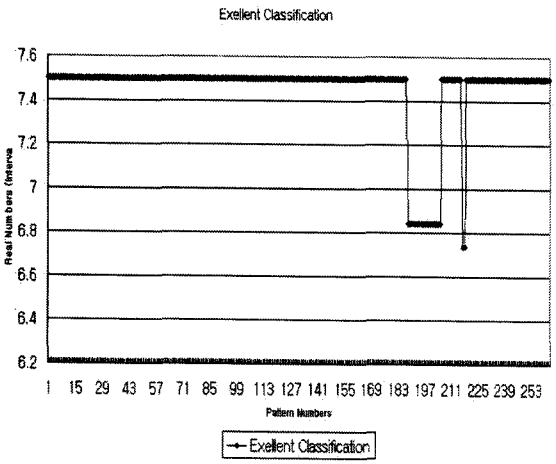
[그림 4] 최종평가에서 Low의 비퍼지화된 실수 구간

[Fig. 4] Real Varible Term of Low Classification for the Non Fuzzyfication from Final Evaluation



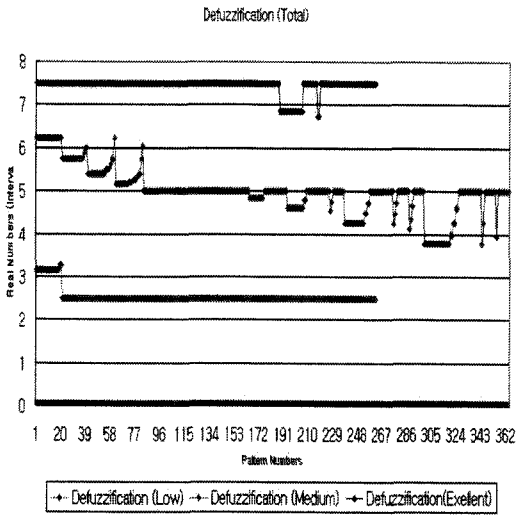
[그림 5] 최종평가에서 Medium의 비퍼지화된 실수 구간

[Fig. 5] The real varible term of medium classification by the non fuzzyfication from final evaluation



[그림 6] 최종평가에서 Excellent의 비퍼지화된 실수 구간

[Fig. 6] Real Varible Term of Excellent Classification by Non Fuzzyfication from Final Evaluation



[그림 7] 최종평가의 각 속성의 비퍼지화된 실수 구간

[Fig. 7] Real Varible Term of Each Property by Non Fuzzyfication from Final Evaluation

실험을 분석한 결과, 최종평가의 Low, Medium 그리고 High로 분류된 비퍼지화된 실수 구간은 다음과 같음을 알 수 있었다.

최종평가는 진단과 형성의 결과를 통합하여 판정하는 단계이다. 학습자의 학습능력이 어떤 과정으로 변화하였는지를 기술하면 학습자의 학습능력 판정을 명확히 할 수 있을 것이다. 30명 학생의 학습능력을 평가한 결과 13명이 Low, 9명이 Medium, 8명이 High로 판정되었다.

<표 2> 최종평가 결과
<Table 2> Result of Final Evaluation

학습자	진단평가의 비퍼지화값	형성평가의 비퍼지화값	최종평가의 비퍼지화값	평가결과
1	4.587	5.000	5.000	M
2	5.413	4.045	2.789	M
3	7.500	4.553	4.932	M
4	2.913	5.000	5.000	M
5	5.955	4.045	2.789	M
6	5.000	5.000	5.000	M
7	5.955	4.045	2.789	H
8	7.500	7.500	7.500	H
9	5.955	2.913	2.500	L
10	5.000	5.469	5.103	M
11	7.087	4.045	2.789	L
12	7.500	7.500	7.500	H
13	5.955	5.000	5.000	M
14	2.913	3.039	2.500	L
15	7.500	7.500	7.500	H
16	5.000	3.039	2.500	L
17	6.545	5.000	5.000	M
18	3.039	5.539	5.241	M
19	5.000	5.000	5.000	M
20	6.961	5.955	7.211	H
21	7.500	7.500	7.500	H
22	4.045	2.500	2.500	L
23	3.039	4.045	2.789	L
24	2.913	2.500	2.500	L
25	7.500	7.500	7.500	H
26	7.500	6.961	7.500	H
27	2.913	2.913	2.500	L
28	7.500	6.961	7.500	H
29	2.500	2.500	2.500	L
30	6.961	6.961	7.500	H

<표 3> 학습자의 학습능력 판정
<Table 3> Decision of Ablity Evaluation from the Study Member

학습자	진단평가 결과	형성평가 결과	최종평가 결과	적용 규칙
1	M	M	M	Rule5
2	M	M	M	Rule5
3	H	M	M	Rule2
4	L	M	M	Rule8
5	M	M	M	Rule5
6	M	M	M	Rule5
7	M	M	L	Rule6
8	H	H	H	Rule1
9	M	L	L	Rule6
10	M	E	M	Rule5
11	H	M	L	Rule3
12	H	H	H	Rule1
13	M	M	M	Rule5
14	L	L	L	Rule9
15	H	H	H	Rule1
16	M	L	L	Rule6
17	H	M	M	Rule2
18	L	M	M	Rule8
19	M	M	M	Rule5
20	H	M	E	Rule1
21	H	H	H	Rule1
22	M	L	L	Rule6
23	L	M	L	Rule9
24	L	L	L	Rule9
25	H	H	H	Rule1
26	H	H	H	Rule1
27	L	L	L	Rule9
28	H	H	H	Rule1
29	L	L	L	Rule9
30	H	H	H	Rule1

학습자 7은 진단평가에서는 M으로 판정되고 형성평가에서는 L 등급을 받아서 최종평가에서 L로 최종평가 되었다. 학습자 7의 개별능력을 표현하면 '학습자의 학습에 대한 준비가 어느 정도 갖추어져 향상이 기대되었으나 학습목표 도달도가 낮아 보충지도가 필요함' 으로 평가할 수 있다.

<표 4> 최종 학습평가

<Table 4> Final Evaluation for the Study

규칙	최종평가	학습자	학습평가
Rule1	E	8, 12, 15, 20, 25, 26, 28, 30	학습자의 학습준비도가 잘 갖추어져 학습 목표에 도달한 정도가 우수하고 심화단계의 문제를 해결할 수 있음
Rule2	M	2, 17	학습자의 학습준비도가 잘 갖추어졌으나 학습 목표에 도달한 정도가 보통으로 나타나 기대만큼의 성취는 보이지 않음
Rule3	L	11	학습자의 학습준비도는 잘 갖추어졌으나 학습목표 도달도가 낮아 학습 성취가 부족하며 보충지도가 필요함
Rule4	E		학습자의 학습준비도가 어느 정도 갖추어져있어 기대한 대로 많은 향상이 이루어졌고 문제해결력도 우수함
Rule5	M	1, 2, 5, 6, 10, 13, 19	학습자의 학습에 대한 준비는 어느 정도 갖추어져 기대하는 학습목표에 도달한 정도가 보통으로 나타남
Rule6	L	7, 9, 16, 22	학습자의 학습에 대한 준비가 어느 정도 갖추어져 향상이 기대되었으나 학습목표 도달도가 낮아 보충지도가 필요함
Rule7	E		학습자의 출발점 수준이 낮았으나 많은 노력으로 학습목표에 도달한 정도가 우수하게 나타남
Rule8	M	4, 18	학습자의 출발점 수준이 낮았으나 성실히 노력하여 학습목표에 도달한 정도가 보통으로 나타남
Rule9	L	14, 23, 24, 27, 29	학습자의 출발점 수준이 낮아 학습목표 도달도가 떨어져 보충지도가 필요함

<표 5> 최종평가의 퍼지추론 결과

<Table 5> Inference Rule from the Final Evaluation

입력 항목	실수 구간	패턴 수
Low	2.501 ~ 3.263	261
Medium	3.787 ~ 6.213	363
High	6.735 ~ 7.501	263

Low, Medium, High구간에서 알 수 있듯이 최종평가로 획득한 추론 구간은 서로 겹쳐지지 않음을 볼 수 있다. 즉 진단평가와 형성평가에서 얻은 비퍼지화된 실수 구간을 최종평가의 입력변수의 소속함수 구간으로 이용함으로써 보다 명확한 추론 구간을 얻을 수 있으며, 단계적으로 학습 평가할 수 있음을 볼 수 있다.

5. 검토

실제 학교에서 적용 사례로 고등학교 1학년 학생 30명을 대상으로 수학과의 학습능력을 평가하였다. 평가영역은 수와 연산, 확률과 통계, 문자와 식의 세 영역이고 진단평가의 가중치는 0.3, 형성평가의 가중치는 0.7로 설정하였다. 각 영역별로 학습자의 성적을 입력하여 퍼지화 과정을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

<표 6> 최종 학습평가
<Table 6> Final Evaluation from Study

규칙	최종 평가	학습자	학습평가
Rule1	E	8, 12, 15, 20, 25, 26, 28, 30	학습자의 학습준비도가 잘 갖추어져 학습 목표에 도달한 정도가 우수하고 심화단계의 문제를 해결할 수 있음
Rule2	M	2, 17	학습자의 학습준비도가 잘 갖추어졌으나 학습 목표에 도달한 정도가 보통으로 나타나 기대만큼의 성취는 보이지 않음
Rule3	L	11	학습자의 학습준비도는 잘 갖추어졌으나 학습목표 도달도가 낮아 학습 성취가 부족하며 보충지도가 필요함
Rule4	H		학습자의 학습준비도가 어느 정도 갖추어져있어 기대한 대로 많은 향상이 이루어졌고 문제해결력도 우수함
Rule5	M	1, 2, 5, 6, 10, 13, 19	학습자의 학습에 대한 준비는 어느 정도 갖추어져 기대하는 학습목표에 도달한 정도가 보통으로 나타남
Rule6	L	7, 9, 16, 22	학습자의 학습에 대한 준비가 어느 정도 갖추어져 향상이 기대되었으나 학습목표 도달도가 낮아 보충지도가 필요함
Rule7	H		학습자의 출발점 수준이 낮았으나 많은 노력으로 학습목표에 도달한 정도가 우수하게 나타남
Rule8	M	4, 18	학습자의 출발점 수준이 낮았으나 성실히 노력하여 학습목표에 도달한 정도가 보통으로 나타남
Rule9	L	14, 23, 24, 27, 29	학습자의 출발점 수준이 낮아 학습목표 도달도가 떨어져 보충지도가 필요함

6. 결론

본 논문에서는 기존의 학습평가 시스템의 제약점을 개선하기 위해 진단평가와 형성평가를 통합한 학습평가 방법을 제안하였다. 기존의 학습평가 시스템은 학습이력 및 변화과정 추적에 약점을 가지고 있다.

제안된 학습평가 방법에서는 퍼지추론을 하므로서 변화과정추적이 가능해 졌으며, 또 획득한 추론 구간의 객관성을 보증하기 위해 이전 단계에서 획득한 구간을 최종평가 항목의 소속함수 구간에 반영하므로서, 최종 평가에서 추론 구간의 객관성을 보증할 수 있음을 보였다.

참고문헌

[1] 윤준호, "진단평가와 형성평가 및 보충학습이 학업성취도에 미치는 효과", 충남대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2005.
[2] 신동희, 원성현, 정환묵, "퍼지이론을 적용한 교육평가방법에 관한 연구", 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제6권 제1호, pp. 74~82, 1996.
[3] 정구범, 김두완, "퍼지 추론을 이용한 비만평가 시스템", 한국인터넷정보학회 논문지, 제4권 제2호, pp. 61~67. 2003.
[4] L. A. Zadeh, *"Fuzzy Sets"*, Information and Control, Vol 8, pp. 338~353,1965.
[5] 임준식, "학술전문가 선정을 위한 지식 기반 언어적 접근", 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제12권 제6호, pp. 549~553. 2002.
[6] 윤경희, 김선희, 원성현, 정환묵, "조건부 퍼지수를 이용한 교육 평가 방법에 관한 연구", 퍼지 및 지능시스템학회 추계학술대회 학술발표 논문집, pp. 279~284, 1995.
[7] 장혜원, "퍼지 소속 함수와 퍼지 추론을 이용한 수행 평가 방법에 관한 연구", 신라대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2003.
[8] 손창식, "구간값 퍼지집합과 규칙감축에 기반 한 패턴 분류", 대구가톨릭대학교 대학원, 박사학위논문, 2006.