

# 퍼지 추론에 기반 한 다-단계 학습평가 시스템

## Multi-stage Learning Evaluation System Based on Fuzzy Inference

김종욱<sup>1</sup>, 손창식<sup>2</sup>, 정구범<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 국립상주대학교 컴퓨터공학과

E-mail: tess9077@naver.com, jgb97@sangju.ac.kr

<sup>2</sup> 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부

E-mail: fuzzyrisk@paran.com

### 요 약

기존의 학습평가 시스템은 학습자의 학습 수행능력을 판정하기 위한 진단평가와 학습능력의 향상 정도를 측정하기 위한 형성평가를 독립적으로 수행하여 평가하기 때문에 학습수행능력을 보다 명확하게 처리하기 곤란하다는 단점을 가진다.

따라서 본 논문에서는 학습자의 수행 능력을 보다 객관적으로 평가하기 위해서 진단평가와 형성평가를 통합 평가할 수 있는 다-단계 학습평가 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 진단평가와 형성평가의 수준 정도를 반영하기 위해 서로 다른 가중치를 적용하여 학습능력을 평가하였다. 또한 각 평가단계에서 퍼지추론을 통해 획득한 비퍼지화된 실수 구간을 최종평가에 적용함으로써 학습자의 수행능력과 능력 향상을 보다 종합적으로 평가할 수 있도록 하였다.

**Key Words** : 진단평가, 형성평가, 다-단계 학습평가, 퍼지 추론, 최종평가

## 1. 서 론

학습자의 지속적인 학습평가는 진단평가와 형성평가로 판단할 수 있다. 진단평가는 본 학습의 시작 전에 학습자의 학습 수행능력을 평가하게 되며, 형성평가는 수업활동이 진행되는 과정에서 학습자의 학습 능력의 향상 정도를 평가하게 된다. 또한 한 단원의 학습평가 결과는 다음 단원의 수업에 대한 진단평가 자료로 활용됨으로써, 지속적인 학습평가가 가능해진다[1-3].

현재 각급 학교에서의 평가 방법은 대다수가 학습이 끝난 후 지필고사를 이용하여 학습평가를 하고 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 것이다. 그러나 현실적으로 이러한 연속적인 학습평가를 순수한 인력으로 해결하는 것은 어려우므로 자동화된 평가도구가 필요한 실정이다.

학습평가를 자동화하기 위한 연구로서, [4]에서는 웹상에서의 퍼지추론을 이용한 서술식 평가시스템을 제안하였다. 이 연구에서는 소속함수에서 중복되는 구간이 발생하여 판정하기 곤

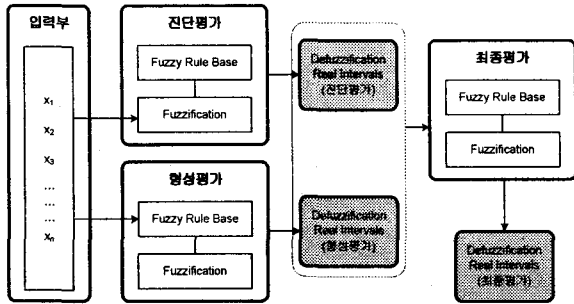
란한 경우가 발생되나, 이에 대한 해결책을 제시하지 못하였다. [5]에서는 퍼지이론을 적용한 학습평가법을 제안하였으나 학습자의 사전 지식에 따른 차등평가 처리 방법에 대한 연구가 없었다.

따라서 본 논문에서는 학습자의 수행 능력과 학습 능력의 향상 정도를 통합 평가하기 위해서 수업 전에 실시되는 진단평가와 수업과정 중에 이루어지는 형성평가를 모두 고려한 다-단계 학습평가 방법을 제안한다. 제안된 방법에서는 진단평가와 형성평가 각각의 수준 정도를 고려한 가중치를 적용하였고, 퍼지추론을 통해 학습자의 학습 능력을 평가하였다. 모의 실험에서는 다-단계 학습평가를 위해 고등학교 1학년 수학의 「10-가」 단계를 평가대상으로 하였다. 진단과 형성평가의 평가항목으로는 '수와 연산', '확률과 통계', '문자와 식'을 사용하였고 각각 3가지 등급으로 나누어 평가하였다.

## 2. 다-단계 학습평가 시스템

### 2.1 다-단계 학습평가 시스템의 구조

본 절에서는 제안하는 다-단계 학습평가 시스템의 전반적인 구조를 기술한다. 그림 2.1의



[그림 2.1] 다-단계 학습평가 시스템

다-단계 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 비퍼지화 모듈과 형성평가 비퍼지화 모듈은 각각 진단평가와 형성평가를 통해 얻은 비퍼지화된 결과 값을 산출하며, 비퍼지화 방법으로는 일반적인 무계중심법을 이용하여 실수구간을 획득한다. 최종평가 모듈은 진단평가와 형성평가를 통해 획득한 비퍼지화 실수 구간을 최종평가의 입력변수의 소속함수 구간으로 설정함으로써 통합평가의 비퍼지화된 실수 구간을 획득하게 된다.

2.2 다-단계 학습평가 방법

다음은 다-단계 학습평가를 위해 사용된 진단평가, 형성평가 그리고 최종평가의 IF- THEN 규칙의 구조와 학습평가 단계를 나타낸다.

$$Rule\ i: IF\ C_1\ is\ A\ and\ C_2\ is\ B, \dots, C_m\ is\ M\ THEN\ E\ is\ E_i\ with\ CF_i \quad (2.1)$$

여기서,  $C_1, C_2, \dots, C_m$ 은 입력변수,  $E$ 는 출력변수,  $A, B, M, \dots, E_i (i=1, 2, \dots, n)$ 은 소속함수를 의미하고,  $CF_i$ 는 확실정도를 나타낸다.

[Step 1] 각 규칙에 주어진 입력 패턴의 입력부 적합도  $W_i$ 을 계산한다.

$$W_i = \mu_A(C_1) \wedge \mu_B(C_2) \wedge \dots \wedge \mu_M(C_M) \quad (2.2)$$

여기서,  $W_i (i=1, 2, \dots, n)$ 는 n개의 입력부 적합도를 나타낸다.

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

$$\mu_{E_i}(E) = W_i \cdot \mu_{E_i}(E) \cdot CF_i \quad (2.3)$$

여기서,  $i=1, 2, \dots, n$ 을 나타낸다.

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

$$S^i = \begin{cases} \max(\mu_{E_k}(E)) & \text{if } \mu_{E_j}(E) \neq \mu_{E_k}(E) \\ \emptyset & \text{if } \mu_{E_j}(E) = \mu_{E_k}(E) \end{cases} \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (2.4)$$

[Step 4] [Step 3]에서 얻은 소속함수를 통합한다.

$$F_i = \max(S^i(E)) \quad (2.5)$$

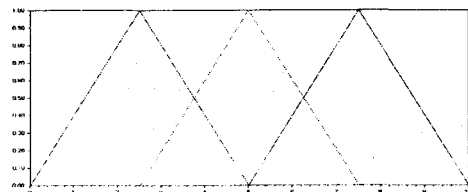
[Step 5] 무계중심법으로 비퍼지화한다.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i \times \mu_{F_i}(E))}{\sum_{i=1}^n (\mu_{F_i}(E))} \quad (2.6)$$

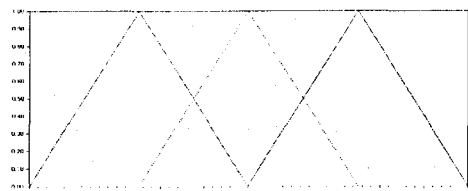
3. 모의실험

3.1 진단평가와 형성평가

진단평가와 형성평가에서 사용된 각각의 입력변수는 고등학교 1학년 수학에서 ‘수와 연산’, ‘확률과 통계’ 그리고 ‘문자와 식’이라는 3가지 항목에 해당된다. 다음 그림은 각 평가에서 사용된 입력과 출력변수의 소속함수 구간을 나타낸다.



[그림 3.1] 진단평가의 입력, 출력변수의 소속함수 구간

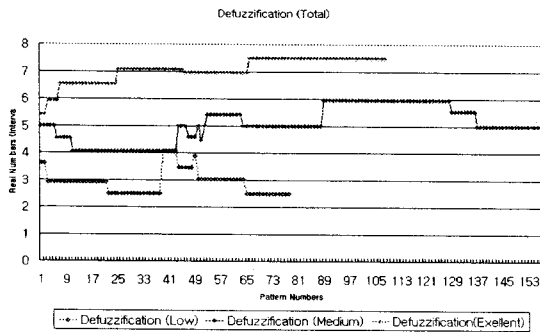


[그림 3.2] 형성평가의 입력, 출력 변수의 소속함수 구간

진단평가와 형성평가에서 각각 사용된 27개의 규칙은 전문가에 의해서 정해진 규칙을 활용하였으며, 그림 3.1과 그림 3.2의 소속함수

구간을 기반으로 하였다. 또한 진단평가와 형성평가에서 일반화된 비퍼지화 실수 구간을 얻기 위해 진단평가와 형성평가의 소속함수에서 2~8까지의 실수 입력 범위를 고려하여 모의실험 하였다. 일반화된 구간을 얻기 위한 각각의 입력 패턴에는 343개의 데이터를 사용하였고, 규칙의 확신정도는 0.3으로 하였다.

그림 3.3의 실험결과는 다-단계 학습평가 방법의 [step 1] ~ [step 5] 과정에서 획득한 Low, Medium, Excellent의 비퍼지화된 실수 구간을 나타낸 것이다.



[그림 3.3] 진단평가의 각 속성의 비퍼지화된 실수 구간

그림 3.3에서 Pattern Numbers 항목은 Low 입력 패턴(78개), Medium 입력 패턴(157개) 및 Excellent 입력 패턴(108개) 수를 나타내고, Defuzzification (Interval) 항목은 Low, Medium, Excellent의 비퍼지화된 실수 구간의 분포를 나타낸다.

실험을 분석한 결과, Low, Medium 및 Excellent 패턴으로 분류된 비퍼지화된 실수 구간은 표 3.1과 같이 나타났고, Medium의 최소구간은 Low의 최대구간과 Medium의 최대구간은 Excellent의 최소구간과 각각 0.015, 0.544가 중복된다는 것을 알 수 있었다. 이것은 추론을 통하여 학습평가를 한 결과 그 자체에도 애매성이 존재함을 보여준다.

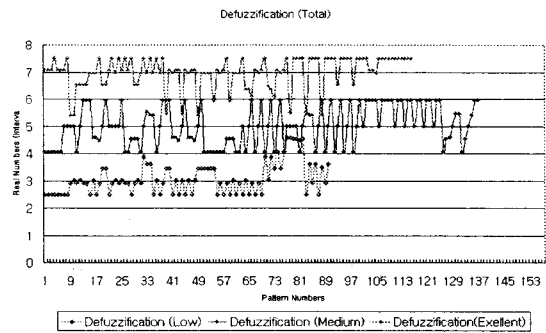
<표 3.1> 진단평가의 퍼지추론 결과

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

다음은 진단평가 후 수업 진행 동안에 형성평가 단계를 거쳐 생성된 비퍼지화된 실수 구간을 나타낸 것이다. 형성평가는 진단평가에 비해 최종 평가에 미치는 영향이 크므로 규칙의 확신정도를 0.7로 설정하여 모의실험 하였다.

그림 3.3과 마찬가지로 Low, Medium, Excellent

의 비퍼지화된 실수 구간을 분석한 결과, 각각 0.544정도 겹쳐짐을 볼 수 있다.



[그림 3.4] 형성평가의 각 속성의 비퍼지화된 실수 구간

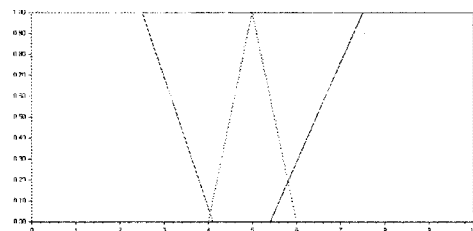
<표 3.2> 형성평가의 퍼지추론 결과

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

따라서 본 논문에서는 이러한 불명확한 비퍼지화 구간을 좀 더 명확하게 처리하고 학습자의 수행 능력과 학습 능력 향상 정도를 통합하여 학습평가를 하기 위해서 진단평가 및 형성평가에서 얻은 비퍼지화된 실수 구간을 최종평가 항목의 입력변수의 소속함수 구간으로 설정하여 추론하였다.

### 3.2 최종평가

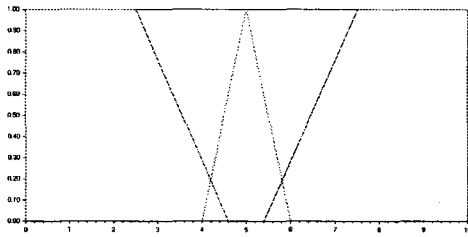
그림 3.5와 그림 3.6은 3.1절의 진단평가와 형성평가 단계에서 얻은 비퍼지화된 실수 구간을 최종평가의 입력변수의 소속함수로 나타낸 것을 의미한다.



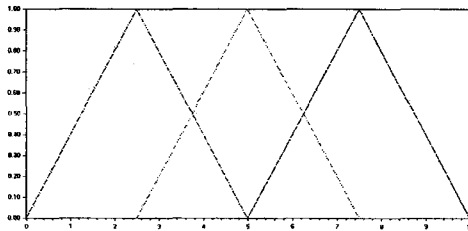
[그림 3.5] 최종평가의 첫 번째 입력변수(진단평가)의 소속함수 구간

최종평가에서 사용된 9개의 규칙은 전문가로부터 획득한 규칙을 사용하였고, 최종평가에서 일반화된 비퍼지화 실수 구간을 얻기 위해 그림 3.6과 그림 3.7의 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.

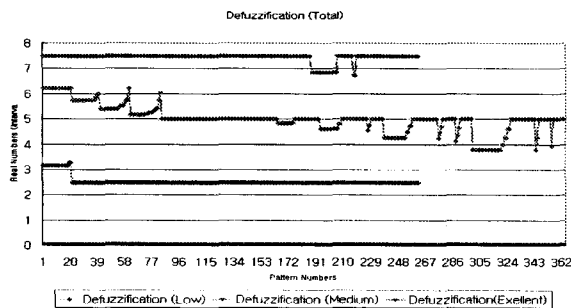


[그림 3.6] 최종평가의 두 번째 입력변수(형성평가)의 소속함수 구간



[그림 3.7] 최종평가의 출력변수의 소속함수 구간

다음은 식(2.4)에 의해서 동일한 출력부 소속함수의 적합도(14개)를 제거한 888개의 입력 패턴에 대한 실수 구간을 나타낸 것이다.



[그림 3.8] 최종평가의 각 속성의 비퍼지화된 실수 구간

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

<표 3.3> 최종평가의 퍼지추론 결과

| 입력 항목     | 실수 구간       | 패턴 수 |
|-----------|-------------|------|
| Low       | 2.500~3.264 | 262  |
| Medium    | 3.786~6.214 | 364  |
| Excellent | 6.736~7.500 | 262  |

Low, Medium, Excellent 구간에서 알 수 있듯이 최종평가로 획득한 추론 구간은 서로 겹

쳐지지 않음을 볼 수 있다. 즉 진단평가와 형성평가에서 얻은 비퍼지화된 실수 구간을 최종평가의 입력변수의 소속함수 구간으로 이용함으로써 보다 명확한 추론 구간을 얻을 수 있으며, 다-단계적으로 학습평가할 수 있음을 볼 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 기존의 학습평가 시스템의 제약점을 개선하기 위해 진단평가와 형성평가를 통합한 다-단계 학습평가 방법을 제안하였다.

제안된 학습평가 방법에서는 각 평가의 객관적인 평가를 위해 최종평가에 반영되는 비율을 규칙의 확실정도로 반영하여 추론 구간을 획득하였고, 획득한 추론 구간의 객관성을 보장하기 위해 이전 단계에서 획득한 구간을 최종평가 항목의 소속함수 구간에 반영하였다. 실험 결과, 최종 평가에서 추론 구간의 객관성을 보증할 수 있음을 보였다.

향후 연구과제로는 지속적인 학습평가를 위한 규칙의 자동생성 및 제거방법과 온라인상에 적용할 수 있는 다-단계 학습평가 방법이 요구된다.

#### 참고문헌

- [1] 성태제, 현대교육평가, 학지사, 2002.
- [2] 윤병택, "진단평가와 형성평가가 학습성취도에 미치는 영향에 관한 연구", 경희대학교 교육대학원, 석사학위논문, 1978.
- [3] 윤준호, "진단평가와 형성평가 및 보충학습이 학습성취도에 미치는 효과", 충남대학교 교육대학원, 석사학위논문, 2005.
- [4] 사공걸, 김두완, 정환목, "웹 상에서의 퍼지 추론을 이용한 서술식 평가 시스템," 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, 제12권 제6호, pp. 549-553, 2002.
- [5] 신동희, 원성현, 정환목, "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.