

## 전자학습환경에서 합리적인 학습조구성문제의 수학적모형화를 위한 한가지 방법

강현심, 김정웅

위대한 령도자 김정일동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《학습토론방법도 개선하여야 합니다. 학습토론은 학습한것을 공고히 하며 학습을 실천과 결부시키는 효과적인 방도입니다.》(《김정일전집》 제30권 417페이지)

협동학습은 학생들이 공통적인 학습목표를 달성하기 위하여 조를 못하고 함께 협력하면서 진행하는 학습방법이다. 이 학습방법은 학습과정에 필요한 내용을 서로 토론하고 다른 학생의 학습결과를 서로 공유하고 응용하면서 더 많은 지식과 기술을 습득할 수 있게 한다.

협동학습은 전통적인 교실교수환경과 전자학습환경들에서 학생들의 학업성적을 개선하기 위한 효과적인 교수 및 학습방법인것으로 하여 최근에 소조토론식교수방법을 리용한 새로운 교수방법들이 많이 제안되고있다.

협동학습의 첫 단계는 학습조를 구성하는것인데 이것을 학습조구성문제라고 한다. 이 문제는 학습결과에 중요한 작용을 한다. 학습조를 잘 구성하면 조성원들사이의 교류가 더욱더 활발해지고 그것으로 하여 보다 좋은 학습결과를 얻게 된다. 그러나 학습조를 잘 구성하지 못하면 학습에 부정적인 영향을 준다.

문문에서는 학생들의 협동학습조직에서 중요한 의의를 가지는 합리적인 학습조(토론조)구성문제의 수학적모형화방법을 제안하였다.

### 1. 학습조구성방법

학습조를 구성하는 방법에는 교원이 구성하거나 학생들자체로 선택하는 방법(인위적인 방법)과 일정한 조구성기준에 기초하여 컴퓨터가 자동생성하는 방법, 우연적인 방법이 있다.

우연적인 방법은 가장 간단하고 속도가 빠른 방법으로서 교원이나 컴퓨터프로그램에 의하여 학생들을 우연적으로 구분하여 학습조를 구성한다. 그러나 우연적인 조구성방법은 학생들의 특성과 요구를 무시하므로 조성원들사이의 협력을 강화하는데 지장을 주며 나아가서는 학습목표를 달성하기 힘들게 할 수 있다.

현실교수에서는 학생들의 학습상태와 특성을 고려하여 교원이 조를 구성하고있다. 학생들에 대하여 제일 잘 알고있고 교수경험이 풍부한 교원이 조를 구성하는것이 제일 합리적이지만 경험이 부족하고 학생들에 대한 파악이 부족한 교원들에게는 조를 구성하는것이 난문제로 될수 있다. 특히 원격교육과 같이 교원과 학생이 시공간적으로 떨어져 있는 환경에서 학생의 특성을 고려하여 합리적인 조를 구성하는 문제는 매우 중요하다.

문문에서는 경험이 풍부한 교원의 학습조구성과정을 모방하여 컴퓨터가 학생들의 특성에 기초하여 자동적으로 학습조를 구성하기 위한 학습조자동구성문제의 수학적모형화를 진행하였다.

## 2. 학습조구성을 위한 기준

학습조를 잘 구성하자면 우선 개별적학생들의 특성에 대하여 잘 파악하여야 한다. 다시말하여 학습조를 구성하는데 필요한 학생특성들을 먼저 규정하여야 한다.

조구성을 위한 특성들에는 학생들의 학습상태와 관련되는 여러가지 인자들이 포함될 수 있다.

선행연구[1, 2]들에 기초하여 컴퓨터지원교수체계들에서 분석해낼수 있는 학생들의 개별적인 학습특성들은 다음과 같다.

- ① 련관과목에 대한 지식수준
- ② 학습흥미
- ③ 학습방식
- ④ 해당 과목학습과 관련되는 능력
- ⑤ 학습열의
- ⑥ 학생들의 나이

조구성을 위한 기초자료로 되는 학생들의 특성지표들을 규정한 다음에는 그 특성들을 어떻게 배합하여 조를 구성하겠는가 하는 기준을 결정하여야 한다.

조를 구성하기 전에 조구성에 필요한 기준들을 바로 정하여야 한다. 다시말하여 개별적인 특성지표별로 해당 특성이 유사한 학생들을 한조에 넣겠는가(동종기준) 아니면 이 특성이 서로 차이나는 학생들을 한조에 넣겠는가(이종기준), 어떤 특성들을 조별로 고르게 배치하겠는가(균형기준)를 규정해주어야 한다.

조를 합리적으로 구성하자면 학생들의 개별적인 특성과 함께 그들사이의 친근관계와 같은 집단적인 특성도 고려하여야 한다.

서로 함께 학습하기 좋아하는 학생들끼리 한조에 망라되게 되면 보다 좋은 학습성과를 이룩할수 있다. 더우기 교원들은 자기들의 경험과 학생에 대한 배경지식, 학습공간의 제한, 학습목표 등 여러 요인들에 기초하여 흔히 일부 학생들을 같은 조에 꼭 넣어야 하거나 서로 다른 조에 넣어야 하는 경우가 있다. 이러한 특성들은 앞에서 논의한 학업성적이나 학습방식과 같은 개별적인 특성과 구별하여 집단적인 특성이라고 볼수 있는데 이 집단적인 특성을 잘 고려하여야 학습조를 보다 잘 구성할수 있으며 학습결과도 더 높아질수 있다.

## 3. 학습조구성문제의 수학적모형화

학습조구성문제를 다음과 같이 모형화할수 있다.

$n$  명의 학생들로 이루어진 학급  $S$  를  $g$  개의 학습조로 나누어야 한다고 하자. 이때  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  을  $n$  명의 학생들의 모임,  $G = \{G_1, G_2, \dots, G_g\}$  를  $g$  개의 학습조들의 모임, 매 학습조  $G_i (1 \leq i \leq g)$  의 인원수를  $z_i$  라고 표시한다.

학습조를 구성할 때 흔히 학습조의 크기를 될수록 꼭같이 하여야 한다. 일반적으로 임의의 두 학습조의 인원수차이는 1이하로 되어야 한다.  $S$  와  $g$  의 값들은 교원이 입력해주어야 한다.

학습조구성문제는 각이한 교육실천환경들에서 여러가지 조구성기준을 만족시키는 가

장 합리적인 학습조들을 찾는것이다.

### 1) 개별적인 특성을 고려한 조구성기준

앞에서 논의한것처럼 일반적인 조구성기준에는 동종기준과 이종기준, 균형기준들이 있다.

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_{p+q+r}\}$  를 조구성을 위한 개별적인 특성들이라고 하자. 여기서  $p$  와  $q$ ,  $r$  는 각각 동종, 이종, 균형기준을 만족시켜야 할 특성들의 개수를 나타낸다. 그리고  $V_{iu}$  를 학생  $s_i$  의  $c_u$  속성값으로서 0과 1사이의 표준화된 값이라고 하자.

#### ① 동종기준

동종기준을 만족시키는 학습조들에서 같은 조에 속한 학생들은  $p$  개의 특성들에 대하여 서로 유사하여야 한다. 동종기준을 만족시키는 학습조를 얻기 위해서는  $p$  개의 특성들에 기초하여 학생들사이의 유사성을 평가하기 위한 거리측도를 리용하여야 한다.

$p$  개의 특성에 대한 학생  $s_i$  와  $s_j$  사이의 유사성은 다음과 같이 정의한다.

$$\text{Similarity}(s_i, s_j) = \frac{\sum_{u=1}^p w_u |v_{iu} - v_{ju}|}{\sum_{u=1}^p w_u} \quad (1)$$

여기서  $w_u$  는 속성  $c_u$  의 무게이다. 이로부터  $g$  개 학습조들에서  $p$  개 특성들에 대한 동종정도는

$$F_{\text{homo}} = \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^{z_k-1} \sum_{j=i+1}^{z_k} \text{Similarity} \quad (2)$$

와 같이 계산할수 있다. 동종기준에 맞는 학습조를 구성하기 위해서는  $F_{\text{homo}}$  값이 최소로 되어야 한다.

#### ② 이종기준

동종기준을 만족시키는 학습조와는 달리 이종기준은 선택된  $q$  개의 특성들에 대하여 특성들이 각이한 학생들로 조가 구성되어야 한다는것이다.  $q$  개 특성에 기초한 학생  $s_i$  와  $s_j$  사이의 차이는

$$\text{Difference}(s_i, s_j) = 1 - \frac{\sum_{u=1}^q w_u |v_{iu} - v_{ju}|}{\sum_{u=1}^q w_u} \quad (3)$$

와 같이 정의한다.

유사하게 모든 학습조들에서  $q$  개 특성들에 대한 이종정도는

$$F_{\text{fete}} = 1 - \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^{z_k-1} \sum_{j=i+1}^{z_k} \text{Difference}(s_i, s_j) \quad (4)$$

와 같이 계산할수 있다. 이종기준을 만족시키는 학습조를 구성하기 위해서는  $F_{\text{fete}}$  가 최소로 되어야 한다.

## ③ 균형기준

일부 특성들에 대하여 균형기준을 만족시키자면 이 특성들에 대한 학습조들사이의 변동이 최소로 되어야 한다.

학습조들사이의 변동을 평가하기 위하여  $r$  개의 특성들에 대한 매 조와 전체 표본평균사이의 두제곱편차들의 합을 계산한다.

$$F_{\text{bala}} = \sum_{k=1}^q \sum_{u=1}^r (\bar{v}_{uk} - \bar{v}_u)^2 \quad (5)$$

여기서  $\bar{v}_u$  는 모든 학생들에 대한 매 특성  $c_u$  의 평균값을 나타내며  $\bar{v}_{uk}$  는 매 특성  $c_u$  에 대한 학습조  $G_k$  에 속하는 학생들의 평균값을 나타낸다.

가장 균형적인 학습조들은  $F_{\text{bala}}$  의 값을 최소로 하여 얻어지게 된다.

## 2) 집단특성을 고려한 조구성기준

학습조구성에 필요한 집단특성들에는 조성원선택에 대한 학생의 의사와 학생들의 밀집과 분산배치에 대한 교원의 의사가 있다.

## ① 조성원선택에 대한 학생의 의사

협동학습에서 학생들은 자기가 함께 학습하고싶은 사람들과 한 조에 망라되게 되면 더 잘 과제를 수행할수 있다.

$p_{ij}$  는  $s_i$  가  $s_j$  를 얼마나 좋아하는가를 나타내는 양으로서 0과 1사이의 값으로 표준화된다고 하자. 이때  $p_{ij}$  와  $p_{ji}$  가 서로 다르게 될수 있다. 조성원선택에 대한 모든 학생들의 의사를 고려한 집단특성값을

$$F_{\text{pref}} = \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^{z_k-1} \sum_{j=i+1}^{z_k} \left( 1 - \frac{p_{ij} + p_{ji}}{2} \right) \quad (6)$$

와 같이 계산할수 있다.

학생들의 의사를 고려한 최량적인 학습조를 구성하기 위해서는  $F_{\text{pref}}$  가 최소로 되어야 한다.

## ② 학생들의 밀집과 분산배치

교원들은 흔히 자기들의 경험과 학생에 대한 파악정도, 학습공간의 제한성과 학습목표 기타 다른 리유로부터 일정한 학생들을 같은 조나 서로 다른 조에 넣는다.

$A$  를 같은 조에 배속되어야 할 학생들의 모임, 반대로  $D$  를 서로 다른 조에 넣어야 할 학생들의 모임이라고 하자.  $r_{ij}$  를 학생  $s_i$  와  $s_j$  사이의 관계라고 하면  $r_{ij}$  는

$$r_{ij} = \begin{cases} -1, s_i, s_j \in A, i \neq j \\ 1, s_i, s_j \in D, i \neq j \\ 0, \text{그밖의 경우} \end{cases} \quad (7)$$

와 같은 세가지 경우로 나누어진다. 그러면 전체적인 학생밀집 및 분산배치정도  $F_{\text{dist}}$  는

$$F_{\text{dist}} = \sum_{k=1}^q \sum_{i=1}^{z_k-1} \sum_{j=i+1}^{z_k} r_{ij} \quad (8)$$

와 같이 계산된다.

류사하게 최량화된 조를 구성하기 위해서는  $F_{\text{dist}}$  가 최소로 되어야 한다.

### 3) 합리적인 학습조구성문제의 수학적모형

각이한 교육실천환경들에서 여러가지 조구성기준을 만족시키는 가장 합리적인 협동학습조를 구성하기 위하여 위에서 논의한 모든 기준들을 하나의 수학적모형으로 통합하면

$$F = \frac{w_{\text{homo}}F_{\text{homo}} + w_{\text{hete}}F_{\text{hete}} + w_{\text{bala}}F_{\text{bala}} + w_{\text{pref}}F_{\text{pref}} + w_{\text{dist}}F_{\text{dist}}}{w_{\text{homo}} + w_{\text{hete}} + w_{\text{bala}} + w_{\text{pref}} + w_{\text{dist}}} \Rightarrow \min \quad (9)$$

$$\forall i = \overline{1, n}, \exists k \in \{1, 2, \dots, q\}, s_i \in G_k \quad (10)$$

$$G_i \cap G_j = \emptyset, i, j \in \{1, 2, \dots, q\}, i \neq j \quad (11)$$

$$|z_i - z_j| \leq 1, i, j \in \{1, 2, \dots, q\}, i \neq j \quad (12)$$

와 같이 표시된다. 여기서  $w_{\text{homo}}, w_{\text{hete}}, w_{\text{bala}}, w_{\text{pref}}, w_{\text{dist}}$ 는 각각  $F_{\text{homo}}, F_{\text{hete}}, F_{\text{bala}}, F_{\text{pref}}, F_{\text{dist}}$ 의 무게들이다. 조건식 (10)과 (11)은 매 학생이 꼭 하나의 학습조에 속할수 있다는것을 보여준다. 조건식 (12)는 임의의 두 학습조들의 인원수차가 1보다 클수 없다는것을 나타낸다.

논문에서는 전자학습환경에서 학습조를 자동구성하기 위한 기준들을 규정하고 그 기준에 맞는 가장 최량적인 학습조를 구성하는 문제에 대한 수학적모형화를 진행하였다.

학습조구성문제는 최량화문제로 모형화된다. 이 문제는 개미군알고리즘이나 립자군최량화, 유전알고리즘에 의한 최량화방법 등 여러 최량화방법들을 리용하여 해결할 수 있다.

## 4. 실험 및 평가

론문에서 제안한 모형에 의한 학습조자동구성방법의 효과성을 평가하기 위하여 8가지의 각이한 조구성환경에서 실험을 진행하였다. 8가지 자료모임의 학생수는 8—160명이며 모든 경우에 조의 크기를 4로 하였다.

자료모임별 학생수와 학습조개수를 표 1에 보여주었다.

표 1. 자료모임별학생수와 학습조수

자료모임	학생 수/명	학습조수/개
1	8	2
2	12	3
3	16	4
4	20	5
5	40	10
6	80	20
7	120	30
8	160	40

론문에서 제안한 모형에 의하여 학습조를 자동적으로 구성하기 위하여 매 자료모임에 대하여 4가지 조구성특성(학업성적, 학습시간, 학력, 나이)들을 고려하였다. 여기서 학습시간을 동종기준을 만족시켜야 할 특성, 학력과 나이를 이종기준을 만족시켜야 할 특성, 학업성적을 균형기준을 만족시켜야 할 특성으로 하였으며 학습조를 구성하기 전에

학생들에게 조구성과 관련하여 의견을 제출하도록 하였다. 이 자료들을 가지고 MATLAB에서 단순유전알고리즘을 리용하여 학습조구성최량화문제를 풀어 학습조들을 구성한다.

제안한 방법의 효과성을 평가하기 위하여 우연적으로 구성한것과 논문에서 제안한 방법으로 구성된 결과를 가지고 학생들의 만족도를 조사하였다.

비교실험결과를 표 2에 보여주었다.

표 2. 비교실험결과

자료모임	학생수/명	학습조수/개	우연적인 방법		제안한 방법	
			만족도/%	시간/s	만족도/%	시간/s
1	8	2	50	0.000 1	75	0.684 6
2	12	3	58.3	0.000 1	83.3	1.629 7
3	16	4	43.75	0.000 2	62.5	3.833 2
4	20	5	60	0.000 2	85	8.894 2
5	40	10	42.5	0.000 2	82.5	18.709 3
6	80	20	65	0.000 5	88.75	43.300 5
7	120	30	51.4	0.000 8	74.8	91.446 5
8	160	40	46.8	0.001 3	82.5	334.930 6

표 2에서 보여준것처럼 매 경우 제안한 방법이 우연적으로 조를 구성하는 방법보다 학생들의 요구를 더 잘 만족시킨다는것을 알수 있다.

논문에서 제안한 조구성방법은 현재 널리 개발리용되고있는 컴퓨터망협동학습체제들에 도입할수 있으며 협동학습을 강화하는데 효과적으로 리용될수 있다.

## 맺 는 말

컴퓨터가 학생들의 특성에 기초하여 자동적으로 학습조를 구성하기 위한 학습조자동구성문제의 수학적모형화를 진행하고 그 효과성을 평가하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] J. Moreno et al.; Comput. Educ., 58, 1, 560, 2012.
- [2] S. Amara et al.; Educational Technology & Society, 19, 2, 258, 2016.

주체110(2021)년 2월 5일 원고접수

## A Learner Group Formation Model in E-learning

Kang Hyon Sim, Kim Jong Ung

In this paper, we propose a learner group formation model which is of great significance in computer supported collaborative learning.

Keywords: e-learning, learner group formation, computer supported collaborative learning