

一种面向个性化协同学习的任务生成方法^{*}

刘均⁺, 李人厚, 郑庆华

(西安交通大学 电子信息与工程学院, 陕西 西安 710049)

A Method of Task Generation for Personalized Collaborative Learning

LIU Jun⁺, LI Ren-Hou, ZHENG Qing-Hua

(College of Electronics and Communication, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

+ Corresponding author: Phn: +86-29-82663860, Fax: +86-29-82663731, E-mail: liukeen@263.net, http://www.xjtu.edu.cn

Liu J, Li RH, Zheng QH. A method of task generation for personalized collaborative learning. *Journal of Software*, 2006,17(1):79-85. <http://www.jos.org.cn/1000-9825/17/79.htm>

Abstract: The current CSCL applications are not able to support learning task generation and personalized learning. To solve these issues, a method of task generation for personalized collaborative learning is proposed in this paper. Based on the formal description of learning task, the method could generate the collaborative learning task through five steps: grouping learners, determining learning resources, decomposing learning units, assigning learning pattern and generating event sequence. The task generated by the method accords with the cognitive level of learning group as well as the personality characteristics of the individual learner. According to the task, the personalized collaborative learning could be realized for the learning group in the distributed environment. The method has been applied in Smart-Realcalss distance learning system.

Key words: collaborative learning; collaborative learning task; personality characteristics

摘要: 现有协同学习应用无法很好地支持学习任务的生成以及学习者的个性化学习。针对此问题,提出了一种面向个性化协同学习的学习任务生成方法。该方法在学习任务形式化描述的基础上,通过学习者分组、确定学习资源、分解学习单元、分配学习模式以及生成事件序列等步骤,生成既符合学习者群体认知水平,又符合个体学习者个性特征的协同学习任务。根据此任务,可以较好地实现网络环境下群体学习者的个性化协同学习。目前,该方法已在 Smart-Realcalss 网络教学系统中得到应用。

关键词: 协同学习;协同学习任务;个性特征

中图法分类号: TP391 文献标识码: A

协同学习(collaborative learning)是指学习者以群体形式为获得个人与群体的习得成果而进行合作的学习方式。在协同学习中,学习者的知识建构可以为整个群体所共享^[1],即由整个群体共同完成对所学知识的意义建构。相对于个体学习,协同学习有效地提高了学习者的学习效率。

为了将协同学习应用于网络教育,人们提出了 CSCL(computer supported collaborative learning)的概念。CSCL是 CSCW 理论与技术在网络教育中的应用^[2],主要研究如何实现网络环境下的学习者针对特定学习目

^{*} Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant Nos.60103022, 60373105 (国家自然科学基金)

Received 2003-10-14; Accepted 2005-08-24

标而进行的协同学习.当前,已构建了若干 CSCL 应用系统,如 British Columbia 大学开发的 WEBCT^[3],它实现了视频会议、在线聊天、学习过程跟踪以及小组项目组织等功能;加拿大 Simon Fraser 大学开发了基于 Web 的教学与培训集成工具 Virtual-U^[4],该工具可使教师方便地建立和管理协作小组,并允许学习者在学习过程中进行角色扮演.然而,这些系统只是协同学习的支撑系统,仅在一定程度上实现了网络环境中学习者的多模式交互与学习过程管理,还缺乏协同学习任务的定义或生成机制.目前,部分 CSCL 应用系统引入 workflow 机制实现了协同学习任务的定义,如 UERJ 大学的 CSCL 应用系统 COPE(collaborative learning project-based environments)^[5].该系统提供了用于定义协同学习任务的可视化工具 COPE(collaborative process editor),COPE 可以描述学习任务中的活动、角色、规则、流程等属性.但在这些系统中,学习任务的定义一般由教师或管理员根据学习目标人工完成,这个过程中未考虑作为协同成员的学习者的认知水平、性格、学习风格、学习动机等个性化属性.这将导致少数个体的习得成果较差.

针对上述问题,本文提出了一种面向个性化协同学习的学习任务自动生成方法.该方法以学习目标与学习小组中学习者的个性特征为输入,通过基于学习者认知水平的协作成员分组以及基于耦合度的协同学习模式分配,生成符合学习者群体个性特征的协同学习任务.基于该任务,可以较好地实现网络环境下群体学习者的个性化协同学习.

1 协同学习任务生成方法

下面首先引入了协同学习相关的一些概念以及协同学习任务的形式化描述.在此基础上,对协同学习任务的生成方法进行说明.

1.1 基本概念

定义 1. 学习单元.它是指构成学习资源各层次的元素.学习资源可分为学科、专业、课程、块、可分配单元以及知识点 6 个层次,各层学习单元集合分别记为 $R_1 \sim R_6$.学习资源中,层与层之间以及同层内部的学习单元存在隶属、前序、平行 3 种知识关系.根据学习单元间的知识关系,在认知水平要求下,学习者对学习单元的状态具有“不能学习”、“未学习”以及“已学习并通过”3 种类型.

定义 2. 学习目标.它是指一组学习单元的认知要求.每个学习单元的认知要求作为一个子目标,可用三元组(学习单元、认知要求、阈值函数)形式来描述.

定义 3. 协同学习模式.它是指针对某个或某组学习子目标而采用的协同学习策略,主要包括竞争、辩论、合作以及角色扮演 4 种类型^[6,7].其中,竞争是指两个或更多的学习者单独完成某项子任务,看谁完成得最快、最好;辩论是指由对立的双方各自论述自己的观点,然后针对异方的观点进行辩驳,最后由中立者对双方的观点进行裁决,观点论证充分的一方获胜;合作是指多个学习者共同完成某个学习任务,在任务完成过程中,学习者之间互相配合、相互帮助;角色扮演是指不同学生分别扮演指导者和学习者的角色,由学习者解答问题,指导者对学习者的解答进行判别和分析.

定义 4. 学习任务.针对学习目标的一系列有序的学习活动.

定义 5. 学习活动.针对某个或某些子目标,采用某种协同学习模式进行学习的过程.学习活动是学习任务的组成单位.学习活动之间仅存在先序关系,不存在并行与互斥关系.各个学习活动的目标之和就是学习任务的总目标.

定义 6. 事件.它是指在学习活动中,学习者完成协同学习模式所赋予角色职责的过程.事件可分为协同学习与协同学习控制两种类型.前者用于学习者的个体学习与协作学习,主要包括个体学习、协作学习以及发言 3 种类型;后者用于对学习活动、事件的生命周期以及学习过程中成员、角色、资源进行管理,主要包括初始学习活动、终止学习活动、终止学习事件、成员加入与去除、改变成员角色、改变学习资源 6 种类型.

1.2 协同学习任务的形式化描述

在对协同学习相关概念论述的基础上,下面从任务、活动以及事件 3 个层次上对协同学习任务进行形式化

描述.

1. 学习任务:对于学习任务,可用学习目标、参与协同学习的学习者的集合以及学习活动集合构成的三元组来描述.学习者需要访问的学习资源可用学习目标来描述,它是所有学习子目标中学习单元的集合.

$$(Objective, \{Learner\}, \{Activity\}) \tag{1}$$

2. 学习活动:在学习活动中,学习者采用某个协同学习模式,完成某个或某些学习子目标.对于学习活动,可用序号、协同学习模式、学习子目标集合、事件集合以及事件间的关系构成的五元组来描述.学习活动的执行顺序由序号确定,从一个学习活动进入下一个学习活动的条件是:完成当前学习活动中的所有子目标.学习活动中需要访问的学习资源是子目标中学习单元的集合.

$$(Number, Learning Mode, \{Subobjective\}, \{Event\}, \{Relation\}) \tag{2}$$

3. 事件:学习任务中的事件主要是协同学习类事件,该类事件可用事件 ID、事件类型、学习者与角色构成的二元组的集合、学习子目标集合以及所使用交互模式(如视音频、应用程序共享、电子白板、文本 Chat 等)的集合构成的五元组来描述.学习活动中,所有事件子目标的并集为学习活动的学习子目标集合.

$$(EventID, Event, Type, \{(Learner, Role)\}, \{Subobjective\}, \{Interaction Mode\}) \tag{3}$$

需要说明的是,式(3)给出的形式化描述中包含了所有事件属性;但对于某个特定的事件,并不是所有的属性都是必须的.

4. 事件关系:事件关系可用事件关系类型以及事件 ID 的集合构成的二元组来描述.事件之间的关系主要包括先序、同步以及互斥 3 种类型.

$$(Event Relation Type, \{EventID\}) \tag{4}$$

1.3 协同学习任务生成方法

在协同学习任务形式化描述的基础上,我们提出了如图 1 所示的协同学习任务生成方法.该方法包括学习者分组、确定学习资源、分解学习单元、分配学习模式以及生成事件序列 5 个步骤.其工作机理为: 根据学习者模型中的认知水平与学习目标对学习者进行分组,每个小组内的学习者具有相同或相近的认知水平; 通过分析学习目标与某个小组内学习者认知水平的差距,确定该小组应学习的学习单元集合; 根据教学资源的组织形式,将各个学习单元分解到学习活动中去; 根据学习者模型中的性格、动机、风格等个性属性以及与协同学习模式的耦合度确定学习活动的协同学习模式,并为学习者分配相应角色; 根据每种协同学习模式的事件序列描述,为学习活动生成事件序列.经过上述步骤,最终生成的学习任务的 3 个部分,即学习单元集合(学习目标)、学习小组(参与协同学习的学习者的集合)以及学习活动集合.

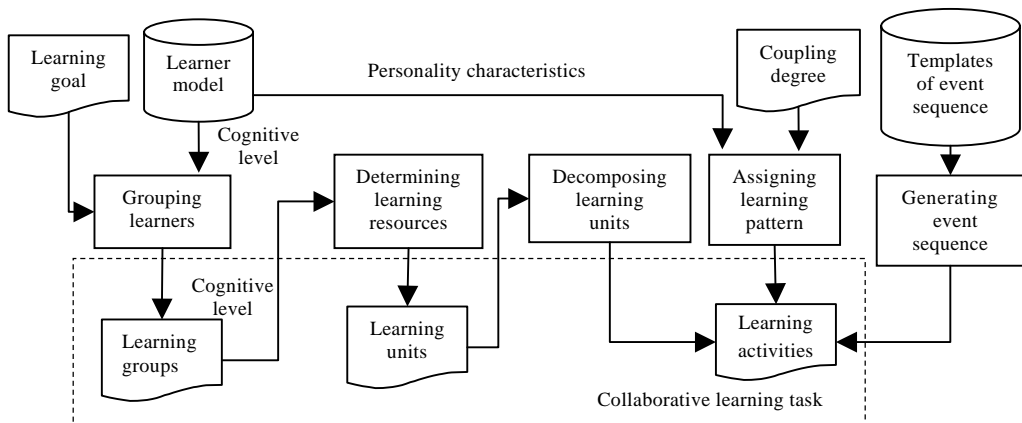


Fig.1 The method of collaborative learning task generation

图 1 协同学习任务生成方法

下面对协同学习任务生成中学习者分组、确定学习资源、分解学习单元、分配学习模式以及生成事件序列的工作机理进行说明。

1.3.1 学习者分组

学习者分组的目的是根据学习者的认知水平,将学习者分解到若干个学习小组,每个小组的学习者具有相同或接近的“未学习”的学习资源.可分配单元层中的学习单元(可分配单元)是学习资源分配的最小单位,因而只考虑学习目标涉及的可分配单元集合.学习者分组的基本思路为:分别求解出学习目标涉及的可分配单元集合与每个个体学习者“未学习”的可分配单元集合;采用布尔型向量描述学习者对学习目标中可分配单元的认知情况,并根据此向量对学习者进行聚类.下面对学习者分组机理进行说明:

1) 求解学习目标涉及的可分配单元集合

由定义 1,可设学习目标为 $O = \{(r_i, c_i, t_i)\}$, 其中 (r_i, c_i, t_i) 的含义为:在学习单元 r_i 上,认知要求为 c_i 时,学习状态的跃迁函数为 t_i . 设学习目标 O 直接相关的学习单元集合为 $R_0 = \{r_i\}$. 设 $|R_0| = n$, 考虑到学习单元间的隶属关系,对于可分配单元或以上级别的 r_i , 涉及的学习单元集合为 $R'_o = \left(\bigcup_{i=1}^n INCLUDE(r_i) \right) \cup R_o$, 其中 $INCLUDE(r_i)$ 为 r_i 的隶属集,即直接与间接隶属该单元的所有学习单元的集合;对于可分配单元以下级别(即知识点级)的 r_i , 涉及的学习单元集合(可分配单元级)为 $R''_o = \{r'_j | (r'_j \text{ 且 } r_i) \wedge (r_i \in (R_o \cap R_0))\}$, 显然, $R''_o \subseteq R_s$. 通过上述分析,学习目标 O 涉及的可分配单元集合为

$$\bar{R}_o = (R'_o \cap R_s) \cup R''_o \quad (5)$$

2) 求解学习者学习目标中“未学习”的可分配单元集合

设学习者 s 学习资源中状态标记为“未学习”的学习单元集合为 R_s , 则学习者 s 在学习目标 O 中“未学习”的可分配单元集合为

$$\bar{R}_s = (\bar{R}_o \cap R_s) \quad (6)$$

式(6)的含义为学习者 s 在此次协同学习中应学习的可分配单元集合。

3) 建立针对学习者认知情况的布尔型向量

即采用布尔型向量描述学习者对学习目标中可分配单元的认知情况,向量中的每一维,表示每个学习者就某个可分配单元所处的学习状态:若某维的数值为 1,则表明对应学习单元状态为“未学习”;否则为“不能学习”或“已学习并通过要求”等状态.设 $\bar{R}_o = \{\bar{r}_k\}$, $\bar{R}_o = m$, 即向量的维数为 m , 对于第 k 维 $(1 \leq k \leq m)$, 其数值可由布尔表达式 $\bar{r}_k \in \bar{R}_s$ 确定。

4) 针对学习者认知水平的学习者聚类

即采用聚类方法,根据学习者在认知能力上的相似度对学习者进行分类.对于二元变量构成的向量,相似度的计算不能采用针对区间标度的方法(如欧氏距离、曼哈坦距离等),否则会误导聚类结果^[8].这里,采用简单匹配系数(simple matching coefficient)方法,计算由对称二元变量构成向量的相似度^[9].简单匹配系数的定义如式(7)所示.其中, q 表示向量中对应位置都为 1 的元素个数; t 表示向量中对应位置都为 0 的元素个数; s 表示向量 i 某个位置为 1,而在向量 j 的对应位置为 0 的元素个数; r 表示在向量 i 某个位置为 0,而在向量 j 的对应位置为 1 的元素个数。

$$d(i, j) = \frac{r + s}{q + r + s + t} \quad (7)$$

考虑到学习者的认知水平存在层次特性以及聚类结果的数目不确定性,这里采用层次聚类方法 AGNES,并定义某个向量与簇的相似度为该向量与簇内所有向量相似度的算术平均。

在学习者分组的基础上,根据每组学习者中重复最多的布尔型向量,确定该组学习者应学习的可分配单元,进而将每个可分配单元对应地分配到各个学习活动,从而实现学习单元的分解。

1.3.2 确定学习模式

此过程根据可分配单元适合的学习模式与学习者模型中的性格、动机、风格等因素,确定每个学习活动的

协同学习模式以及学习者初始的角色.确定学习模式与角色的依据是:协同学习小组与学习模式的耦合度以及当前可分配单元适合的学习模式集.耦合度的定义如下:

定义 7. 学习者与角色的耦合度.它是指学习者的个性特征与角色要求的匹配程度.

角色要求可用以二元组为元素的向量来描述,二元组由个性属性 p 与属性值 v 构成,即 $((p_1, v_1), (p_2, v_2), \dots, (p_m, v_m))$;设学习者 l 对应属性与属性值构成的向量为 $((p_1, v'_1), (p_2, v'_2), \dots, (p_m, v'_m))$;我们定义学习者 l 与角色 p 耦合度为

$$c(l, p) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{b_i^2} (v_i - v'_i)^2} \quad (8)$$

式(8)中, b_i 为属性 p_i 值域的长度.显然, $c(l, r) \in [0..1]$.

在学习者与角色耦合度定义的基础上,借鉴莫里诺(J.L.Moreno)社会测量法的思想,我们进一步提出了协作学习小组与协作学习模式的耦合度.此耦合度可以定义为在某个协作学习模式中,所有可能的角色匹配所导致的学习者平均耦合度的最小值.

设协同学习小组 L 中有 p 个学习者, $L = \{l_1, l_2, \dots, l_p\}$;学习者参与的学习模式 M 中有 q 种角色,模式 M 的角色集合 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_q\}$,每个角色 p_j 在模式 M 中的合法个数区间为 $[\text{Min}_{m,j} \dots \text{Max}_{m,j}]$.设 $LP \in 2^{L \times P}$ 是一个由学习者与角色所构成的二元组的集合.若 LP 满足以下 3 个条件,则称 LR 是合法的角色分配.

1. $\forall (l_i \in L) (\exists p_j ((l_i, p_j) \in LP))$;
2. $((l_i, p_k), (l_i, p_j) \in LP) \rightarrow (p_j = p_k)$;
3. $\forall (p_j \in P)$, 若有 s 个 $l (l \in L)$ 满足 $(l, p_j) \in LP$, 则 $s \in [\text{Min}_{m,j} \dots \text{Max}_{m,j}]$.

上述 3 个条件的含义为:每个学习者有且仅有一个角色与之对应,每个角色的数目符合学习模式的规定.

设 $\Gamma \subset 2^{L \times P}$ 为所有合法的角色分配的集合,则协同学习小组 L 与学习模式 M 的耦合度为

$$C(L, P) = \text{MIN}_{LP \in \Gamma} \left(\frac{1}{p} \sum_{(l_i, p_j) \in LP} c(l_i, p_j) \right) \quad (9)$$

该式的含义为:按照所有合法的角色匹配后,协同学习小组中学习者的平均耦合度的最小值.显然, $C(L, P) \in [0..1]$.

基于协同学习小组与学习模式的耦合度,我们提出如下学习模式确定算法:

- Step 1. 设协同学习小组为 L , 初始耦合度 C' 为 1;
- Step 2. 在当前可分配单元所适合的学习模式集合中寻找未匹配的模式;若不存在,则转向 Step 4;
- Step 3. 设找到的学习模式为 M , 若模式 M 的角色集合 R 与 L 存在合法的角色匹配,则计算 $C(L, P)$, 并令 $C' = \text{Min}(C', C(L, P))$; 转向 Step 2;
- Step 4. 若 $C' = 1$, 即不存在适合当前学习小组的协同学习模式,则寻找与 L 相似程度最小的协同学习小组, 并与其合并. 根据合并后的 L' , 重新执行学习模式确定过程; 若 $C' < 1$, 则使得 $C(L, P) = C'$ 成立的 M 为协同学习小组 L 应采用的学习模式; 进而根据对应的合法角色分配, 确定每个学习者的角色.

1.3.3 生成事件序列

在确定学习目标、学习模式、成员角色的基础上,结合各种协同学习模式事件序列与事件关系的模板,即可生成完整的学习任务.下面是竞争学习模式事件序列以及事件间关系的模板.

1. 初始化学习活动: $(0, \text{Initialize Activity}, \{Learner, Role\}, \{Subobjective\})$;
用于设置学习模式以及学习活动中的成员、角色、资源.其中, $\{Learner, Role\}$ 为参与竞争学习的学习者及角色构成的二元组集合.
2. 改变学习资源: $(1, \text{Change Resource}, \{Learner, \{Subobjective\}\})$;
用于改变成员的学习资源或子目标,其中, $\{Learner, \{Subobjective\}\}$ 表示学习者以及所分配的学习目标构成的二元组的集合.所有学习者对应学习目标集合的并集为学习活动中学习目标的集合.
3. 个体学习: $(2, \text{Individual}, Learner_1, Competitor, \{Subobjective_1\})$;

(3, **Individual**, $Learner_2$, **Competitor**, {*Subobjective*₂}); ...

(*i*, **Individual**, $Learner_{i-1}$, **Competitor**, {*Subobjective*_{*i-1*}});

表示 $i-1$ ($i \geq 3$) 个竞争者进行个体学习, $i-1$ 个个学习事件的关系为 **parallel**(2, 3, ..., i).

4. 指导者发言: ($i+1$, **Speak**, $Learner_{i+1}$, **Instructor**, {*Interaction Mode*});

表示指导者最后发言总结.

在事件序列与事件关系模板的基础上,通过设置相应的学习者、角色、学习目标,即可生成学习活动的序列与事件关系.

通过上述过程所生成的学习任务,在学习资源的分配上,符合协同学习小组中学习者的认知能力;在各个学习活动的学习模式分配上,符合学习者的个性特征.基于该任务,可以较好地实现网络环境下群体学习者的个性化协同学习.

2 实例

协同学习任务生成方法已在我们的网络教学系统 Smart-RealClass 中得到应用. Smart-RealClass 系统实现了视音频、电子白板、应用程序共享等多模式的交互机制,它为分布环境中的学习者提供了一个个性化协同学习的支撑环境.下面结合 Smart-RealClass 系统中的一个例子对上述方法进行说明.

设参与协同学习的学习者为 $l_1 \sim l_8$, 协同学习目标涉及的可分配单元的集合 $\bar{R}_0 = \{r_1, r_2, r_3, r_4\}$, 每个学习者在学习目标中“未学习”的可分配单元集合 \bar{R}_s 分别为 $\{r_2, r_3, r_4\}, \{r_3, r_4\}, \{r_2, r_3, r_4\}, \{r_1, r_2, r_4\}, \{r_1, r_2, r_3, r_4\}, \{r_1, r_2, r_4\}, \{r_1, r_2\}, \{r_3, r_4\}$.

采用 AGNES 算法,可以将学习者分为 $\{l_1, l_2, l_3, l_8\}$ 与 $\{l_4, l_5, l_6, l_7\}$ 两个协作小组,每个小组应学习的可分配单元的集合分别为 $\{r_2, r_3, r_4\}$ 与 $\{r_1, r_2, r_4\}$, 即每个小组对应的学习任务中包含 3 个学习活动.下面以 $\{l_1, l_2, l_3, l_8\}$ 协作小组的第一个学习活动为例,对学习模式的确定、角色分配以及事件序列生成加以说明.

设可分配单元 r_2 可采用学习模式为辩论或竞争,两种模式共涉及辩论者、竞争者以及指导者 3 种角色.辩论者的角色要求为((特强性,10),(兴奋性,10)),在辩论学习活动中,角色数目至少为 2 个;竞争者的角色要求为((独立性,10)),角色数目至少为 2 个;指导者的角色要求为((聪颖性,10),(世故性,10)),角色数目为 1.将 l_1, l_2, l_3, l_8 这 4 个学习者分别匹配两种学习模式中的两个角色,共得到 $2 \times (C_4^2 C_2^1 + C_4^3)$ 种合法角色匹配.分别对每种模式进行合法匹配后,计算小组中学习者与角色耦合度的均值,以最小均值对应的合法匹配确定当前学习活动的模式与角色分配.

设所确定的学习模式为竞争,角色分配为 $\{(l_1, \text{Instructor}), (l_2, \text{Competitor}), (l_3, \text{Competitor}), (l_4, \text{Competitor})\}$. 结合竞争模式的事件序列模板,生成的事件序列如下:

1. (0, **Initialize Activity**, $\{(l_1, \text{Instructor}), (l_2, \text{Competitor}), (l_3, \text{Competitor}), (l_4, \text{Competitor})\}, \{\text{Subobjective}\}$);
2. (1, **Chang Resource**, $\{(l_1, \{r_2\}), (l_2, \{r_2\}), (l_3, \{r_2\}), (l_4, \{r_2\})\}$);
3. (2, **Individual**, $l_2, \text{Competitor}, \{r_2\}$);
4. (3, **Individual**, $l_3, \text{Competitor}, \{r_2\}$);
5. (4, **Individual**, $l_4, \text{Competitor}, \{r_2\}$);
6. (5, **Speak**, $l_1, \text{Instructor}, \{\text{Video}, \text{Audio}\}$).

对于事件 2~事件 4,它们之间存在事件关系 **parallel**(2, 3, 4).

同样,可确定 r_3 与 r_4 对应的学习活动的模式与角色分配,从而最终生成符合协作小组 $\{l_1, l_2, l_3, l_8\}$ 中学习者个性特征与认知水平的协同学习任务.

通过上述过程所生成的学习任务,在学习资源分配上,符合协同学习小组中学习者的认知能力;在各个学习活动的学习模式分配上,符合学习者的个性特征.与无指导的协同学习相比,根据所生成学习任务的协同学习能够更有效地提高学习者的效率.

3 结 论

相对于个体学习,协同学习可以有效地提高学习者的效率.然而,现有的 CSCL 应用还存在缺少学习任务的生成机制以及未能实现协同成员的个性化学习等问题.鉴于此,本文提出了一种面向个性化协同学习的学习任务生成方法.该方法实现了基于学习者认知水平的协作成员分组,以及一种基于耦合度的协同学习模式和角色分配.采用该方法生成的协同学习任务,可以较好地实现网络环境下群体学习者的个性化协同学习.学习任务生成方法目前已在网络教学系统 Smart-Realclass 中得到了应用.

References:

- [1] Lone D-H, Elsebeth KS. Distributed computer supported collaborative learning through shared practice and social participation. In: Roschelle HJ, ed. Proc. of the CSCL '99. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1999. 136-141.
- [2] Lipponen L. Exploring foundations for computer supported collaborative learning. In: Stahl G, ed. Proc. of the Computer Supported Collaborative Learning. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 2002. 72-81.
- [3] Kaiden R. A review of WebCT. Internet and Higher Education, 2002,5(4):399-404.
- [4] Harasim L. Shift happens online education as a new paradigm in learning. Internet and Higher Education, 2000,3(1-2):41-61.
- [5] Santoro FM, Borges MRS, Santos N. Planning the collaboration process: One-Way to make it happen. In: Shen WM, Li TQ, Lin ZK, Bartès J-P, Zeng WH, Li SZ, Yan CH, eds. Proc. of the 8th Int'l Conf. on Computer Supported Cooperative Work in Design. Beijing: Int'l Academic Publishers, 2004. 611-615.
- [6] Munneke L, van Amelsvoort M, Andriessen J. The role of diagrams in collaborative argumentation-based learning. Int'l Journal of Educational Research, 2003,39(1-2):113-131.
- [7] Bench-Capon TJM, Leng PH. Computer-Mediated collaborative learning of legal argumentation. Information & Communications Technology Law, 2000,9(2):129-138.
- [8] Han JW, Kamber M. Data Mining: Concepts and Techniques. San Francisco: Morgan Kauffmann Publishers, 2001.
- [9] Xu R, Wunsch D. Survey of clustering algorithms. IEEE Trans. on Neural Networks, 2005,16(3):545-678.



刘均(1973 -),男,河南开封人,博士,讲师,主要研究领域为计算机支持的协同工作,网络学习.



郑庆华(1969 -),男,博士,教授,博士生导师,CCF 高级会员,主要研究领域为网络安全,网络教育.



李人厚(1935 -),男,教授,博士生导师,主要研究领域为计算机支持的协同工作,智能控制.