

计算机支持的协作学习的伙伴模型

程向荣, 周竹荣, 邓小清

(西南大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400715)

(cx8001@swu.edu.cn)

摘要: 伙伴模型的建立是计算机支持的协作学习 (CSCL) 中寻找学习伙伴的关键。伙伴模型对学生分组的关键因素进行了较全面的建模。对伙伴模型进行了形式化的描述, 并重点对动态协作信息的表示, 如伙伴学习进度、知识水平、认知能力和协作能力进行了研究。

关键词: 计算机支持的协作学习; 伙伴模型; 动态协作信息; 知识水平; 模糊集; 认知能力; 协作能力

中图分类号: G434 TP18 **文献标志码:** A

Peer model in computer supported collaborative learning

CHENG Xiang rong ZHOU Zhu rong DENG Xiao qing

(Faculty of Computer and Information Science, Southwest China University, Chongqing 400715, China)

Abstract: The construction of peer model is the key to select peer in computer supported collaborative learning (CSCL). The peer model was built which included the main factors for learning group formation. The peer model was described formally. The expressions of dynamic and collaborative information on peer such as peer learning schedule, knowledge level, cognitive capability and collaborative capability were studied.

Key words: computer supported collaborative learning (CSCL); Peer model; dynamic and collaborative information; knowledge level; fuzzy sets; cognitive capability; collaborative capability

0 引言

小组形成是计算机支持的协作学习 (Computer Supported Collaborative Learning CSCL) 中的一个重要专题^[1]。目前, 有关协作学习中分组的研究主要集中于如何寻找合适学习小组成员并进行最优化分组及建立协作学习小组的策略和分组的分布式算法等。例如: Helpdesk 系统围绕学习主题寻找合适的学习伙伴^[2]。Chuen-Tsai Sun, Sunny S J Lin 等采用基于距离的 RMHC (Random mutation hill climbing) 算法寻找一群给定学生的最优组划分^[3]的研究。A Inaba, T Tamura, R Ohkubo 等开发的 TGF 系统, 研究了从学习目标出发建立协作学习组^[4,5]。黄荣怀、林凉在 WebCLIM 协作学习平台中利用 Agent 构建的 E-Tutor 为系统提供分组功能^[6]等。

当前的分组研究存在的问题有: 组的概念并不能满足 CSCL 的要求, 在 CSCL 中的学生是一种学习伙伴; 分组方法中缺乏学生个性特征和协作素质的信息, 从而限制对影响学生分组的关键因素较全面的研究; 分组方式多是硬性分组, 缺乏自适应的组员选择算法。

因此我们提出建立伙伴模型, 并研究相关策略与算法以解决上述问题。伙伴模型是 CSCL 中学生寻找学习伙伴组成学习小组的核心基础, 文献 [1-7] 中提出的 WNCOL 系统中构建了伙伴模型, 但是没有考虑到伙伴的协作能力, 也缺乏对伙伴的一些动态协作信息表示进行深入研究。本文主要是建立伙伴模型, 对学生分组的因素进行较全面的建模, 重点对伙伴动态协作信息的表示进行研究, 并通过实验进行验证。其

他工作, 包括基于伙伴模型的学习伙伴寻找算法以及基于 Agent 实现学习伙伴寻找将另文陈述。

1 CSCL 中伙伴模型的建立

学生的学习成绩在很大程度上受学习伙伴的影响, 共同活动和互相帮助可对学习成绩起到促进作用。本文的伙伴模型则充分考虑到该学生对其他伙伴知识发展的贡献因素, 建立伙伴的特征信息作为寻找满意学习伙伴的基础。

1.1 AHP 法确定选择伙伴主要因素

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process AHP) 是 20 世纪 70 年代由美国著名运筹学家、匹兹堡大学教授 T. L. Saaty 提出的^[8]。基本思想是: 首先根据多目标评价问题的性质和总的目标, 把问题本身按层次进行分解, 构成一个由下而上的递阶层次结构。本文引入层次分析法确定影响伙伴选择的主要因素, 得到层次模型如图 1 所示。

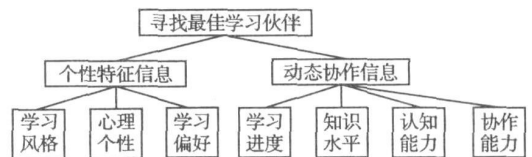


图 1 寻找学习伙伴主要因素

1.2 伙伴模型形式化描述

根据以上分析的影响伙伴们选择因素以及伙伴的基本身份信息, 我们将伙伴模型表示为:

$$PM = (Identity_info, character_info, dynamic_info)$$

Identity_info 表示伙伴基本身份信息, character_info 表示

收稿日期: 2007-01-16 修回日期: 2007-04-26

作者简介: 程向荣 (1980-), 女, 安徽潜山人, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能计算机辅助教育; 周竹荣 (1970-), 男, 四川西昌人, 副教授, 博士, 主要研究方向: 人工智能、智能计算机辅助教育、远程教育; 邓小清 (1982-), 女, 四川广安人, 硕士研究生, 主要研究方向: 智能计算机辅助教育。

伙伴个性特征信息(这两项为伙伴的静态信息); dynamic_info表示伙伴动态协作信息。

1)伙伴基本身份信息

Identity_info=(PID Pname PAlias Pgender P_age)

PID为注册帐号; Pname为姓名; PAlias为网名; Pgender为性别; P_age为年龄。

2)伙伴个性特征信息

character_info=(study_style psychology_info study_interest)

study_style表示学习风格; psychology_info表示心理个性; study_interest表示学习偏好。

伙伴学习风格定义如下:

study_style=(fieldindepend fielddepend)

fieldindepend表示场依存; fielddepend表示场独立。^[1]

伙伴心理个性定义如下:

psychology_info=(character optimism)

character为性格倾向; optimism为乐观性。

character=(内向, 中性, 外向)

optimism=(悲观, 中性, 乐观)

伙伴学习偏好定义如下:

study_interest=(favoritetime communicate_manner)

favoritetime为偏爱的上网学习时间; communicate_manner

为喜欢的交流方式。

3)伙伴动态协作信息

dynamic_info=(Progress_mark Knowledge_info Cognitive_ability Collaborative_ability)

Progress_mark表示学习进度; Knowledge_info表示伙伴知识水平; Cognitive_ability表示伙伴认知能力; Collaborative_ability表示伙伴协作能力;

伙伴学习进度定义如下:

Progress_mark=(Subject Chapter Section TestID Test_score)

Subject课程; Chapter章; Section节; TestID测试试卷号; Test_score测试成绩。

伙伴知识水平定义如下:

Knowledge_info=(低, 较低, 中等, 较高, 很高)

伙伴认知能力定义如下:

Cognitive_ability=(Total_ability Remember Comprehension Application Analysis Synthesis Assessment)

Total_ability认知的总体能力; Remember识记; Comprehension理解; Application应用; Analysis分析; Synthesis综合; Assessment评价。

伙伴协作能力定义如下:

collaborative_ability=(helpination selfexpress responsibility)

helpination愿意帮助他人的程度; selfexpress自我表达能力; responsibility责任感。

helpination=(不愿意, 不太愿意, 一般, 比较愿意, 非常愿意);

selfexpress=(很差, 较差, 一般, 较好, 很好)

responsibility=(很低, 较低, 一般, 较高, 很高)

2 动态协作信息建模

在本文的伙伴模型中, 对于静态信息采用直接获取的方法, 即学习者在首次登录系统时, 进行基本信息的填写。伙伴动态协作信息在协作学习中是不断变化的, 将根据学习者在协作学习中的具体情况不断修正, 使其尽可能接近学习者的真实情况。

2.1 伙伴学习进度的表示

学习进度是学生寻找学习伙伴的重要依据, 通常都是找进度相同的学习伙伴共同学习。在CSCL系统中, 课程的每一章节知识点, 系统都会提供相应练习题和测试题。学习者在学习了相应内容后须进行练习和测试, 在成绩达到标准后, 才能进行下一章节的学习。测试成绩和相应知识点会记录在伙伴模型中。在CSCL过程中, 将会不断修正伙伴模型中当前的课程内容进度以同学习者学习情况一致。

2.2 伙伴知识水平的表示

学习者的测试成绩不能完全反映其知识水平。本文中伙伴的知识水平信息主要体现学生对课程知识的总体掌握程度。

2.2.1 模糊集表示

由于学生对知识的掌握是一个渐进的过程, 且学生的知识水平是动态变化的, 所以在这里我们采用模糊集的方式来表示学生的知识水平。

我们把学生的知识水平分为低、较低、中等、较高、很高共5个等级, 分别用1~5表示。每个级别隶属度表示为 $\mu_A(i)$, $i=1\sim 5$ 用A来表示学生的知识水平模糊集, 用Zadeh表示法^[9], A就表示成: $A = \sum_{i=1}^5 \mu_A(i) / i (0 \leq \mu_A(i) \leq 1, \sum_{i=1}^5 \mu_A(i) \leq 1, \text{“/”}$ 只是一个分隔符号, 指出 $\mu_A(i)$ 是i对模糊集A的隶属度; \sum 表示模糊集合在论域上的整体。)

伙伴知识水平等级的确定我们采用最大隶属度法^[9]。例如: 一学生知识水平的5个等级隶属度为: {0.1 0.2 0.4 0.1 0.2}, 则其知识水平表示为: $A = 0.1/1 + 0.2/2 + 0.4/3 + 0.1/4 + 0.2/5$ 根据A的表达式, 级别为3的隶属度最高, 可得出这个学生的知识水平达到第三级。

2.2.2 知识水平的评测

学生体现其知识水平主要在做题过程中, 如前所述, CSCL系统中课程的每一章节系统都会提供相应练习题和测试题, 我们主要针对学生的做题情况来对知识水平进行评测。

1) 评测因素

在评测学生知识水平时考虑两个方面: 试题的难度和做题时间。难度不同的题对学生知识掌握程度的影响不同; 学生做题时间体现其对知识的熟悉程度, 对知识越熟悉则掌握越好。

对于试题的难度, 我们用H来表示, 分为5个级别: 难、较难、中、较易、易, 分别表示为: 1, 2, 3, 4, 5即难度越大值越小。

对于做题的时间, 规定两个时间段: 正常时间(α)和最长时间(γ)。学生在正常时间内做对题, 认为其对此知识熟悉; 在正常与最长时间之间做出题, 可认为不很熟悉; 若超过最长时间则认为其不熟悉此知识。由于学生对某一知识的熟悉程度本身具有模糊性, 所以用隶属函数来表示熟悉程度。^[10]

学生熟悉程度隶属函数定义为:

$$S(\eta) = \begin{cases} 1 & \leq \alpha \\ 1 - 2 \frac{t - \alpha}{(\gamma - \alpha)^2}, & \alpha < t \leq \frac{\alpha + \gamma}{2} \\ 2 \frac{t - \alpha}{(\gamma - \alpha)^2}, & \frac{\alpha + \gamma}{2} \leq t \leq \gamma \\ 0 & \geq \alpha \end{cases} \quad (1)$$

S函数的值随 t 的增大而单调递减,即学生熟悉程度是按时间递减的。当学生在正常时间内做题 S(η) = 1 当学生做题超过最大时间 S(η) = 0

2)知识水平隶属度的改变

知识水平模糊集隶属度的改变采用 Sherlock II^[11-12]思想。Sherlock II是一个运用模糊集来实现用户状态改变的系统,它采用模糊集把一个问题的认识分为几个等级,通过各个等级隶属度的不同来判断认识情况,考虑试题难度和做题时间,形成知识水平隶属度改变规则:

上升规则 学生做对一题,掌握这个问题的程度增加,相应的高级别的隶属度增加,低等级的隶属度减少。

$$\begin{cases} \mu_A(1) = \mu_A(1) - \mu_A(1)N \\ \mu_A(i) = \mu_A(i) - \mu_A(i)N + \mu_A(i-1)N \quad i = 2, 3, 4 \\ \mu_A(5) = \mu_A(5) - \mu_A(4)N \end{cases} \quad (2)$$

其中, N = λ^H * S(η), N是常数, 0 < λ < 1, H ∈ {1, 2, 3, 4, 5} (H表示难度)。

在 S(η)一定的情况下,因 0 < λ < 1 则 H 越小(表示难度越大), λ^H的值越大, N 的值就越大,即做对难度越大的题高等级隶属度上升得越多。反映了做对难度越大的题知识水平上升越快。

从 N = λ^H * S(η)中还可看出,当学生做题时间在正常时间(S(η) = 1)内 N = λ^H值将最大;当学生做题时间超出正常范围, N 的值会随着 S(η)的值的减小而减小;当学生做题时间超过最长时间 N = 0 (S(η) = 0), 上升规则将不起作用。这反映了学生用时越长,对内容掌握越不熟悉,则相应的知识水平变化程度就会越小。

下降规则 学生做错一题时,只考虑它的试题难度(此时做题时间已不重要),相应高级别隶属度减少,低级别隶属度增加。

$$\begin{cases} \mu_A(1) = \mu_A(1) + \mu_A(2)N \\ \mu_A(i) = \mu_A(i) - \mu_A(i)N + \mu_A(i+1)N \quad i = 2, 3, 4 \\ \mu_A(5) = \mu_A(5) - \mu_A(5)N \end{cases} \quad (3)$$

其中 N = η * H, N是常数, 0 < η < 1/5, H ∈ {1, 2, 3, 4, 5}。

H值越小(表示难度越大), N 的值越小,即做错难度小的题高等级隶属度下降得多,低等级隶属度上升得多。反映了做错难度小的题比做错难度大的题知识水平下降得快。

2.3 伙伴认知能力的表示

美国著名的心理学家布卢姆将认知能力的目标按认知活动的复杂程度可分为六类:识记、理解、应用、分析、综合、评价^[13]。伙伴模型中伙伴认知能力信息也是通过做题测试得到的。在题库中的每一道题都反映了一项或多项认知能力及难度(在题库建立时已经定义该题所要测试的认知能力类型和相应难度),系统根据测试结果对学生的认知能力进行修正。

因为每一道题不一定反映全部认知能力,若该题不反应某项认知能力,则该项对应元素取 0。学生答对该题所对应认

知能力得分为 1, 答错得分为 -1。^[13-14] 学生经过一套测试题后,结合各项认知能力取值和题目难度计算出各项能力正确率作为各项认知能力值,得到矢量: C = (c₁, c₂, c₃, c₄, c₅, c₆) c_i 为某一项认知能力值: c_i =

$$\frac{\sum R_{ij}(1) * \frac{1}{H_j}}{\sum R_{ij}(1) * \frac{1}{H_j} + (-\sum R_{ij}(-1) * \frac{1}{H_j})}, \quad c_i \in [0, 1], 0 \leq$$

≤ 6 (依次表示 6 项认知能力), 0 ≤ i ≤ n 为测试题数量, R_{ij}(1) 表示测试中做对第 i 题的第 j 项认知能力为 1, R_{ij}(-1) 表示测试中做错第 i 题的第 j 项认知能力值为 -1, H_j 是第 j 题的难度 (H_j ∈ {1, 2, 3, 4, 5})。

由于每项认知能力所占的权重不同(此权值由系统给出), 设为 w_i, 则对应权值矢量为: W = (w₁, w₂, ..., w₆)

w_i ∈ [0, 1], ∑_{i=1}⁶ w_i = 1, 则伙伴的总体认知能力 T 表示为:

$$T = \sum_{i=1}^6 c_i * w_i$$

伙伴模型中认知能力的修改方法是以原认知能力值与当前测试所得认知能力的平均值作为新的认知能力值,从而达到不断修正学生认知能力的目的。

2.4 伙伴协作能力的表示

伙伴的协作能力的是根据协作学习过程中伙伴间的评价来确定的。

对伙伴协作能力的评价体现在三个方面:愿意帮助他人的程度、自我表达能力、责任感;评价的等级有五个,由低到高不断加深,用 1 ~ 5 表示。评价由经过一次协作学习后学习小组中的学习伙伴对每项协作能力分别进行打分。对每一项协作能力,得出当前这项协作能力的评价矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{n4} & a_{n5} \end{bmatrix}$$

其中, a_{ij} ∈ {0, 1}, i = {1, 2, ..., n} (n 为参与评价的学习伙伴人数), j = {1, 2, 3, 4, 5} (表示评价的等级), a_{ij} = 1 表示第 i 位伙伴对此学生的评价为 j 等级。

对于每个参与评价的伙伴的可信度有对应的权值(由教师给出), 设为 w_i (0 ≤ w_i ≤ 1), 则对应权值矢量为: W = (w₁, w₂, ..., w_n), 从而得到对这位学生的该项协作能力评价矢量 Q = W * R = (q₁, q₂, q₃, q₄, q₅)。

学生该项协作能力当前的最终评价等级为: j = {j | max q_j}, j ∈ {1, 2, 3, 4, 5}。

学生各项协作能力等级的修改采用如下方法: j = ⌊(原等级数 + 当前等级数) / 2⌋。

3 实验

本文的实验主要是建立 CSCL 学习系统的测试模块原型,以《计算机应用基础》课程为例建立了相应题库,通过学生的测试获取伙伴模型中学生的知识水平信息。实验采用 JSP 作开发工具,服务器使用 Apache Tomcat 5.5 作为 JSP 启动引擎,采用 Microsoft Office XP Access Professional 作为数据库构建实验环境。其中学生测试界面如图 2 所示。

一位学生的部分隶属度变化数据如表 1 所示。(学生在正常时间内做题, λ = 0.5, η = 0.1 初始隶属度为: μ = (1

0 0 0 0)。



图 2 学生测试界面

表 1 学生知识水平隶属度的改变

题号	H	N	做题情况	隶属度
1	1	0.5	做对一题	(0.5 0.5 0 0 0)
2	1	0.5	做对一题	(0.25 0.5 0.25 0 0)
3	2	0.25	做对一题	(0.1875 0.4375 0.3125 0.0625 0)
4	5	0.5	做错一题	(0.40625 0.375 0.1875 0.03125 0)
5	2	0.25	做对一题	(0.3046875 0.3828125 0.234375 0.0703125 0.0078125)

从表 1 可看出, 做 5 道题后, 学生对学习内容的掌握最可能为第 2 等级。显然, 随着做题的增加知识水平将不断发生变化。该学生经过 5 套题测试后, 隶属度为: (0.00112 0.02316 0.0868 0.63536 0.25356), 则其知识水平最可能为第 4 级(较高)。5 套题的成绩分别为: 95 82 85 90 88 其平均分为 88 符合我们平常所认为的水平较高等级。因此, 实验表明, 随着做题的增加, 知识水平的表示能比较接近学生的实际水平。

参考文献:

[1] 赵建华. 计算机支持的协作学习[M]. 上海: 上海教育出版社, 2006.

[2] GREER J, MCCALLA G, COOKE J, et al. The Intelligent Helpdesk Supporting PeerHelp in a University Course EB/OL. [2006-12-12]. <http://julia.usask.ca/Texte/Jin.htm/Help.htm>

[3] SUN C-T, LIN S-S. Learning through collaborative design: a learning strategy on the internet C/OL // 31th ASEE/EEE Frontiers in Education Conference [2006-12-01]. <http://citeseer.nj.nec.com/505392.html>

[4] INABA A, TAMURA T, OHKUBO R, et al. Design and analysis of learners' interaction based on collaborative learning ontology[C] // Proceedings of EuroCSCI2001, Maastricht, Netherlands [s. n.], 2001: 308-315.

[5] NABA A, IKEDA M, MZOGUCHI R. Learning goals and design rationales in collaborative learning: an ontological approach to support design of collaborative learning EB/OL. [2006-12-12]. <http://www.ei.sanken.osaka-u.ac.jp/Pub/ina/is03.Pdf>

[6] 黄荣怀, 林凉. 构建 WebCL 平台上的 e-Tutor EB/OL. [2006-12-20]. <http://www.etc.edu.cn/article/gesq5/goujian.htm>

[7] 赵建华. 基于 Web 环境的智能协作学习系统的理论与方法[D]. 广州: 华南师范大学, 2002.

[8] 李芳, 乞建勋, 牛东晓. AHP 法在虚拟企业中心伙伴选择中的应用[J]. 华北电力大学学报, 2004, 31(4): 82-85.

[9] 王万良. 人工智能及其应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.

[10] 陈自郁. 基于代理的远程教学系统及学生模型的研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2002.

[11] KATZ S, LESGOLD A, EGGAN G, et al. Modeling the student in Sherlock II[J]. Journal of Artificial Intelligence in Education, 1993, 3(4): 495-518.

[12] GURER D, DESJARDINS M, SCHLAGER M. Representing a student's learning states and transitions[C] // The 1995 American Association of Artificial Intelligence Spring Symposium on Representing Mental States and Mechanisms. Stanford, CA: [s. n.], 1995.

[13] 谢忠新, 王林泉, 葛元. 智能教学系统中认知型学生模型的建立[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(3): 229-232.

[14] 朱习军. ICA 中的认知型模型设计[J]. 泰安师专学报, 2004, 23(3): 36-39.

(上接第 1762 页)

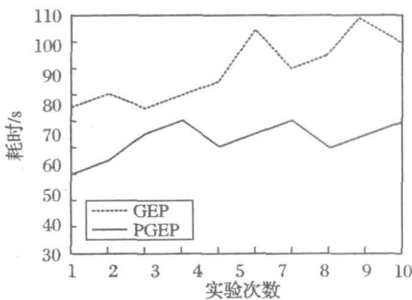


图 2 PGEP 和 GEP 耗时比较

实验结果表明: 与传统 GEP 相比, PGEP 性能良好。在 10 次实验中, PGEP 每次的结果都优于 GEP 的结果, PGEP 算法在速度上是 GEP 算法的 1~2 倍, 在适应度上 PGEP 比 GEP 平均高 0.11。

实验 2 以下对由 PGEP 建模得到的结果与文献[6]中得到的 GP 建模得到的结果进行比较, 以某矿 3 个工作面 18 个回采月份的采煤工作面瓦斯涌出的统计资料作为预测模型的样本集(表 1), 其中表 1 含有 15 个训练样本, 用于建模。

由表 1 可以看出, PGEP 建模得到的结果除了样本 8 和样本 15 相对误差比 GEP 得到的稍大以外, 其余样本的相对误

差比 GEP 所得到的模型计算结果的误差要小。

参考文献:

[1] FERREIRA C. Gene expression programming: a new adaptive algorithm for solving problems[J]. Complex Systems, 2001, 13(2): 87-129.

[2] MITCH M. An introduction to genetic algorithms[M]. Cambridge, Massachusetts, USA: MIT Press, 1992.

[3] KOZA J R. Genetic programming on the programming of computers by means of natural selection[M]. Cambridge, Massachusetts, USA: MIT Press, 1994.

[4] FERREIRA C. Gene expression programming[M]. First Edition, Portugal: Angma do Heroísmo, 2002.

[5] 周明, 孙树栋. 遗传算法原理及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 1999: 123-166.

[6] 李曲, 蔡之华, 朱莉, 等. 基因表达式程序设计方法在采煤工作面瓦斯涌出量预测中的应用[J]. 应用基础与工程科学学报, 2004, 12(1): 49-53.

[7] 段磊, 唐常杰. 基于基因表达式编程的抗噪声数据的函数挖掘方法[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(10): 1648-1689.

[8] 郭涛. 演化计算和优化[D]. 武汉: 武汉大学, 1999.

[9] 龚文引, 蔡之华. 基因表达式程序设计的原理与应用[J]. 微机计算机信息, 2005, 32(11): 169-170.