

# 基于知识空间的多级感知空间处理技术研究<sup>\*</sup>

陈其晖 徐海宁 凌培亮

(同济大学现代远程教育研究所 上海 200092)

**摘要** 在网络协同化学习环境中,由于学习环境比较复杂,解决学习者在学习过程中的“孤独感”问题以提高网络环境的社会性,对于学习者顺利完成学习任务来说显得非常重要。在 CSCW 的感知处理技术的基础上,基于知识空间理论和知识域间关系模型,利用学习者的兴趣模型和能力模型,提出了多学习内容、多学习目标、多学习等级的动态多级感知空间模型,在学习者的学习过程中,通过灵活的感知处理技术和感知敏感度调节,为学习者感知到其他学习者的信息和行为,为寻求或是提供其他学习者的交流和指导,共同完成学习任务提供了有效的途径。

**关键词** 计算机支持的协同工作,知识空间,多级感知空间,学习者模型,感知敏感度

## Research on Multi-level Awareness Space Processing Technique Based on Knowledge Space

CHEN Qi-hui XU Hai-ning Ling Pei-liang

(E-Learning Institute, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract** One of the key issues to complete the learning tasks successfully is to find the way to solve isolated issue and improve sociality in the complicated synergetic network based learning environment. The dynamic multi-level awareness space model is put forward in this paper using the CSCW awareness processing technique based on the knowledge space theory and relation model between knowledge items. The model can adapt to different learning contents and multi learning objectives for different learner with different level based on learner's interesting model and competence model. To a large extent, the model can meet the above needs and provide the effective way to know the other learner's information and behaviors to seek the communication with the other learner and guidance from the other learner through multi-level awareness processing technique and awareness sensitivity technique in learning process. Thus the learning task can be achieved successfully.

**Keywords** CSCW, Knowledge space, Multi-level awareness space, Learner model, Awareness sensitivity

## 1 引言

在现实世界中,感知是了解周围环境的第一步,是一切行为的开始,是指导行为的指标。按照认识论的原则,感知通常被定义为一种知识及对某种事实的认知。近年来,对计算机支持的协同工作(CSCW: Computer Supported Cooperative Work)中协同感知(Cooperative awareness)的研究发现,面向群体的群体感知理论和实现技术是协同工作中不可少的组成部分。计算机支持的协同学习(CSCL: Computer Supported Cooperative Learning)作为 CSCW 的一个分支,也需要解决整个环境中的感知问题<sup>[1]</sup>。在网络协同化的学习环境中,由于网络环境的特殊性,存在着网络学习环境中的社会性因素欠缺问题,一方面,用户需要了解自己在群体中的状态与位置;另一方面,用户需要与学习群体进行交流和沟通。在这样的环境中学习,学习者更容易产生“孤独感”,系统应该在最大程度上能够减少学生在网络学习环境中的“孤独感”问题<sup>[2]</sup>。

针对上述问题,本文利用知识空间的理论和感知处理技术,提出了基于知识空间、知识域关系、学习者模型的动态多级空间感知模型,学习者可以通过各个感知空间,选择该感知空间的学习者进行沟通,或是寻求帮助,提高学习效率,有效地消除“孤独感”,提高网络学习环境的社会性。

## 2 知识结构理论

知识空间概念模型框架的背景理论是由 Dietrich Albert 等

人提出的知识空间理论<sup>[3]</sup>,其基本思想是对学生的知识描述可表示为一个集合,集合元素是学生所能解决的一组问题。知识状态集受问题之间的必要关系约束。在知识空间中,知识域由一个有限问题集合表示,即学生能或不能解决的问题。每个学习者可由一个知识状态描述,即学生所能解决问题的集合。知识状态的集合受问题之间必要关系的约束,约束知识状态集的必要关系是问题集合  $Q$  上的拟序(quasi-ordinal)关系,它可以解释为:如果能够正确解决问题  $q'$ ,则可以推测出能够正确解决问题  $q$ 。也可以说,解决  $q$  是解决  $q'$  的前提条件。这样利用知识空间的理论就可以建立学习状态空间<sup>[3,4]</sup>。

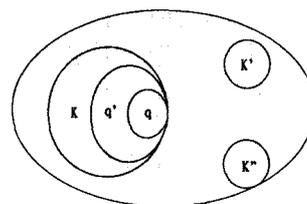


图1 知识空间理论对学习者的知识描述

由于问题间存在必要关系约束,并不是所有的问题子集都是知识状态。由所有的知识状态构成的集合称为知识空间,知识空间包括一个空集  $\phi$  和一个全集  $Q$ 。知识空间理论对学习者的知识描述如图1所示。图中, $K$ :知识空间; $K', K''$ :知识状态; $q, q'$ :知识状态中的项。对于拟序的知识空间,任何的知

<sup>\*</sup>基金资助:本文受到国家自然科学基金重点项目(70531020)和国家发改委 CNGI 计划子项目(CNGI-04-15-5A-2)资助。陈其晖 副研究员,博士研究生,主要研究方向为控制工程与控制理论、远程教育等领域;徐海宁 高级工程师,博士研究生,主要从事远程教育系统设计、网络课程开发等研究;凌培亮 教授,博士,博士生导师,主要研究方向为控制工程与控制理论、工业工程等领域。

识状态  $K, K' \in \kappa$ , 那么  $K \cup K' \in \kappa$  和  $K \cap K' \in \kappa$  成立, 利用此特性可以方便地描述学习者的学习状态。

### 3 群体感知

感知是了解目前所有与自己有关的信息, 为自己下一步的决策和行动提供指导。它包括以下三层含义: 感知是关于动态环境的知识, 它随环境的变化而变化; 感知是通过对环境中的收集到的信息来实现的; 感知是一种手段, 它是为某一目的服务的。群体感知是群体对群体所在环境状态的了解和认识, 包括对群体整体概况的了解、对群组个体成员行为的知晓等。在协同工作中, 群体感知是协作的前提条件, 是降低协作成本、提高协作效率和减少协作冲突的有效手段<sup>[5-7]</sup>。

在传统学习活动过程中, 成员在实际的物理共享空间(如教室、黑板、桌面等)中协作工作时, 由于人与人之间面对面的交互环境和丰富的交互手段(文字、语音、语调、手势等), 人们可以方便而自然地了解到其他人的位置、动作和行为的意图, 共同参与协作工作, 并有效提高工作的效率。而在协作学习环境中, 多个用户协作工作为完成一个共同的任务而处于一个虚拟的共享场景, 用户在地理上具有分布性的特征, 然而在 CSCL 学习环境中, 用户在虚拟的共享场景中的交互和感知远不如在面对面的实际物理共享场景中方便和有效。在一个 CSCL 的环境中, 感知信息包含以下四类<sup>[1]</sup>:

(1) 社会感知(Social awareness): 是指学习者对小组成员社会关系的感知。

(2) 任务感知(Task awareness): 对如何完成任务的感知。

(3) 概念感知(Concept awareness): 对特定学习活动和学习内容是否适合当前学习者的感知。

(4) 学习空间感知(Workspace awareness): 在学习空间中, 对当前学习协作者的学习的感知。

本文的研究, 就是基于群体感知理论, 在 CSCL 的学习环境中建立了群体感知模型。

### 4 感知模型

在本文中研究中, 基于知识空间理论和知识域之间的关系, 建立了学习者知识空间, 同时建立了学习者模型, 主要考虑了学生的兴趣模型和学生的能力模型, 在此基础上构筑了动态多级感知空间模型, 并对感知敏感度进行了定义。

一个网络学习的多级感知空间模型, 可以用四元组来表示:

$$AM = \{LM, KS, MAS, AS\}$$

在本文中约定具有特定范围的相对独立的教学目标称为知识域, 用 KI 表示, 知识空间用  $\kappa$  表示, 知识空间的知识状态, 用 K 表示, 知识域的全集用 I 表示。

(1) 学习者模型(Learner Model)元素 Learner, 在一个网络学习过程的系统中, 有许多角色参与到学生的学习过程中, 但是起到主要角色的只有两类: 学习者(Learner)、引导者(Facilitator), 引导者的作用是指通过引导创造他人积极参与、形成活跃氛围, 从而达到预期学习成果的过程。引导者的角色在学习过程中起到非常重要的角色, 尤其是在网络学习环境中, 在缺乏教师与学生, 学生与学生面对面沟通的情况下, 对学习者的引导就显得尤为关键。在本文中主要讨论学习者模型, 引导者的角色由系统提供的代理(Agent)来实现, 它具有一定的信念和推理的能力, 从而帮助学生完成学习任务。

(2) 学习知识空间(Knowledge Space)元素 KS, 是一个多层

次的知识空间, 是学习者学习的主要对象, 它是有知识域以及知识域之间的空间关系组成的一个知识结构, 通过这个结构可以把一个领域知识表示出来, 同时可以利用知识空间理论的知识状态, 了解每个学习者的知识状态, 从而指导每个学习者的学习情况。

(3) 多级感知空间(Multi-level Awareness Space)元素 MAS, 是一个由不同知识域集中的不同学习者组成的一个多级感知空间, 在每个感知空间里面的学习者集合, 与学习者在一定程度上具有某种关联或联系, 从而帮助学习者更好知道其他学习者的情况。

(4) 感知敏感度(Awareness Sensitivity)元素 AS, 是对各级感知空间的一个感知强度的定义, 学习者可以定义一些比较重要的感知信息, 或是忽略一些不重要的感知信息。

#### 4.1 学习者模型

学习者模型(Learner Model)是 ITS(Intelligent Tutoring System)的一个重要概念, 它代表了计算机系统中学习者知识学习的状况, 是系统中对于学习者的抽象表示。学习者模型对于获得学习者对知识内容的理解状态非常重要。通常情况下, 它是系统关于学习者知识状况的描述。获得学习者知识状态的途径很多, 但是应该根据对学习者的以前行为以及最新的解释。

在本文中, 学习者模型常规的基本信息和过程信息以外, 还包含了学习者兴趣信息和能力信息, 它表示系统对学习者的信念, 相信学习者的感兴趣事务和具备了应用某些知识域的能力。系统可以通过这些具备的信念去推断出一些新的信念, 或是根据这些信念, 提供给学习者一些学习控制、建议等<sup>[8]</sup>。

学习者模型, 可以用以下的四元组表示:

$$LM = \{BI, PI, IB, CB\}$$

(1) 基本信息(Basic information: BI): 包含了学生的基本信息、学习领域、学习目标、学习水平等基本信息, 主要是为感知模型传递一个基本的学习者信息。另外还包含一些基本的设置信息, 例如可以设置哪些信息是可以公开的, 哪些信息是私有的(Private)等。

根据多层次教学目标和教学内容要求, 系统把学习者的目标, 分为初级、中级和高级三个等级{LO, MO, HO}; 依据学生等级水平, 将学习者分为初级学习者、中级学习者和高级学习者三种级别(L, M, H)。通过不同等级的学习目标和学习等级, 来提供更加针对性的学习内容和更加针对性的学习指导。

(2) 过程信息(Processing Information: PI): 包含了学习者在学习过程中产生的动态信息, 例如是否在线、学习时间、学习次数(review 次数)、学习频度、学习成绩、学习者水平的变化情况等信息。

(3) 系统兴趣信念(Interesting Belief: IB): 表示系统代理相信学习者对某个事务感兴趣, 是系统持有的对学习者的感兴趣的信念。用以下的式子表示: interested(Learner, KI)。

(4) 系统能力信念(Capable Belief: CB): 表示系统代理相信学习者已经掌握该知识域, 并且已经能够应用该知识域的内容, 是系统持有的对学习者的能力的信念。用以下式子表示: Capable(Learner, KI)。

系统提供了两种相信的判断肯定和否定的, 否定的判断用  $\sim$ interested(Learner, KI) 和  $\sim$ Capable(Learner, KI) 表示, 分别表示系统代理没有理由相信学习对某事务感兴趣, 或是已经具备了应用该知识域的能力。

但是在系统中这只是代表了一些不完整的信息, 为了把这些不完整的信息集合起来, 系统提供了一些认知的连接符。

例如 Not, and, or, 其中 Not 表示相反的信念, and 表示两者同时满足, or 表示两者都有可能, 除非有特殊的规定, 往往只有一种可能。

系统代理会预先定义一些对学习者的信念, 系统可以通过这些信念, 结合学习者在学习过程的表现, 就可以推断出一些信念。例如:

$$interested(Learner, KI_2) \leftarrow AR(KI_1, KI_2)$$

$$interested(Learner, KI_1)$$

$$not \sim interested(Learner, KI_2)$$

$$interested(Learner, KI_2) \leftarrow BR(KI_1, KI_2)$$

$$interested(Learner, KI_1)$$

$$not \sim interested(Learner, KI_2)$$

$Interests_{Learner}$  表示系统代理相信学习者所有感兴趣事务的集合。相反,  $Interests \sim_{Learner}$  表示系统代理相信学习者不感兴趣事务的集合。

$Capabilities_{Learner}$  表示系统代理相信学习者具有应用能力的知识域的集合。相反  $Capabilities \sim_{Learner}$  表示系统代理相信学习者不具备应用能力的知识域的集合。

#### 4.2 学习知识空间模型

学习知识课件, 是 ITS 里非常重要的领域模型 (Domain Model; KM), 它是系统对领域知识建立的模型, 通过这个模型系统可以更加详细地了解学习者的学习情况。

##### 4.2.1 知识空间模型

本文在知识空间理论的基础上, 除了考虑知识点之间的拟序关系以外, 还结合知识点之间的其他关系<sup>[9]</sup>。知识域之间存在着 4 种关系: 包含关系、相关关系、拟序关系和复合关系。知识空间包含这些关系的知识域建立起来的空间结构, 它们分别描述如下:

定义 1 知识域间的包含关系是指知识域  $x, y$  间的从属关系, 可表示为  $OR = \{ \langle x, y \rangle \mid \text{知识域 } y \text{ 直接从属于知识域 } x \}$ 。

定义 2 知识域间的相关关系是指知识域  $x$  和  $y$  相关或相似, 具有对称性, 可表示为:  $AR = \{ \langle x, y \rangle \mid x \text{ 和 } y \text{ 是具有一定相关性的知识域} \}$ 。

定义 3 知识域间的拟序关系是指学习知识域  $x$  是学习知识域  $y$  的前提, 具有传递性, 可表示为  $QR = \{ \langle x, y \rangle \mid \text{知识域 } x \text{ 是学习知识域 } y \text{ 的前提条件} \}$ 。它可以解释为如果学习知识域  $y$ , 则必须先学习知识域  $x$ 。

知识点除了以上的关系以外还存在着更为复杂的关系, 也就是复合关系, 复合关系有可以分为: 兄弟关系、平行关系和应用关系。

定义 4 知识域间的兄弟关系是指同一层上的知识域  $x$  和  $y$  在某一学习步骤中是不可以选择的, 它们之间存在拟序关系, 可表示为

$$BR = \{ \langle x, y \rangle \mid \langle x, y \rangle \in QR \vee \langle y, x \rangle \in QR, \text{ 存在 } KI \text{ 使} \\ \langle KI, x \rangle \in OR \wedge \langle KI, y \rangle \in OR, x, y, KI \in I \}$$

定义 5 知识域间的平行关系是指知识域  $x$  和  $y$  在某一学习步骤中是可以选择的, 它们之间不存在着拟序关系, 可表示为

$$PR = \{ \langle x, y \rangle \mid \langle x, y \rangle \notin QR \wedge \langle y, x \rangle \notin QR, \text{ 存在 } KI \text{ 使} \\ \langle KI, x \rangle \in OR \wedge \langle KI, y \rangle \in OR, x, y, KI \in I \}$$

定义 6 知识域间的应用关系是指知识域  $y$  是知识域  $x$  的一种应用, 它们之间存在着拟序关系, 也就是说知识域  $x$  必须是先于知识域  $y$  学习, 可表示为

$$APR = \{ \langle x, y \rangle \mid \langle x, y \rangle \in QR, \text{ 知识域 } y \text{ 是知识域 } x \text{ 的一种应用} \}$$

定义 7 知识状态  $\kappa$  的外缘 (Outer fringe) 是知识的集

合, 在这个集合中的任何一个知识都可以加入到学习者当前的知识状态  $\kappa$ , 从而产生一个新的、有利于学习的知识状态, 如图 2 所示。

定义 8 (知识外缘 KOF, Outer frontier of knowledge) 是一些知识域的集合, 系统代理相信学习者已经不具备应用这些知识域的能力, 并且这些知识域是和学习者已经具备应用能力的知识域是外缘关联的。可以表示如下:

$$KOF_{Learner} = \{ KI \mid KI \notin Capabilities_{Learners}, \exists KI' \neq KI; KI' \in Capabilities_{Learners}, (KI, KI') \in OuterFringeRelation \}$$

定义 9 (知识状态  $\kappa$  的内缘, Inner fringe) 是知识的集合, 在这个集合中的任何一个知识都可以从学习者当前的知识状态  $\kappa$  中移走, 从而产生一个新的知识状态, 如图 2 所示。

定义 10 (知识内缘 KIF, Inner frontier of knowledge) 是一些知识域的集合, 系统代理相信学习者已经具备了应用这些知识域的能力, 并且这些知识域是和学习者已经具备应用能力的知识域是内缘关联的。可以表示如下:

$$KIF_{Learner} = \{ KI \mid KI \in Capabilities_{Learners}, \exists KI' \neq KI; KI' \notin Capabilities_{Learners}, (KI, KI') \in InnerFringeRelation \}$$

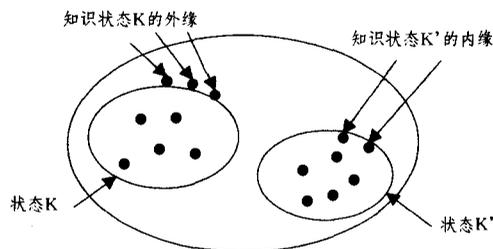


图 2 知识状态  $\kappa$  的外缘, 知识状态  $\kappa'$  的内缘

定义 11 (知识的社会边缘 Social fringe) 是一些知识域的集合, 在这个集合中系统代理没有理由相信学习者具有应用该知识域的能力, 但是系统代理相信其他的学习者已经具备了应用该知识域的能力。可以表示如下:

$$KSF_{Learner} = \{ KI \mid KI \notin Capabilities_{Learners}, \exists Learner' \neq Learner; KI \in Capabilities_{Learners'} \}$$

定义 12 (操作  $Op(A, R, x) = \{ y \mid y \in A, \langle x, y \rangle \in R \}$  其中  $A$  是集合,  $R$  是集合  $A$  上的二元关系,  $x$  是集合  $A$  中的元素, 它返回集合  $A$  中所有和元素  $x$  具有关系  $R$  的元素。

例如  $Op(I, OR, KI) = \{ y \mid y \in I \wedge \langle KI, y \rangle \in OR \}$  表示和知识域  $KI$  构成包含关系的所有知识域的集合。  $Op(I, APR, KI) = \{ y \mid y \in I \wedge \langle KI, y \rangle \in APR \}$  表示和知识域  $KI$  构成应用关系的所有知识域的集合。

##### 4.2.2 分层知识域模型

领域模型除了考虑学习知识域之间的空间关系以外, 还包含了每个知识点内容的学习层次, 在本文中每个知识点根据需要进行分成三个层次, 分别对应三种等级的学习目标和三个等级的学习水平, 这三个层次的学习内容可以根据实际的需要灵活设置, 可以用如下的形式化描述:

$CK = \{ KL, KM, KH \}$  代表每个知识域学习层次, 分别代表初级、中级和高级的学习内容。

设立了分层的知识域模型以后, 可以结合学习者的不同等级和不同学习目标, 提供不同的学习内容。

#### 4.3 多级感知空间模型

在感知处理模型中, 本文定义了动态多级感知处理, 学习者可以根据不同的需求, 构造出不同的级别感知空间, 学习者可以在这个空间感受到其他学习者的一些感知信息, 同时可以与不同级别的感知空间里学习者展开类似面对面的交流,

寻求指导或是帮助,或是帮助其他的学习者进行学习<sup>[8,9]</sup>。

#### 4.3.1 最近发展区域 Zone of proximal development(ZPD)

最近发展区域是知识外缘 KOF 的子集,并且其他学习者已经具备了应用这些知识域的能力。通过这个系统代理可以推断出学习者在当前最适合学习的知识域,也就是说学习在当前学习过程中可以得到过多的帮助或是指导。可以表示如下:

$$ZPD_{Learner} = \{KI | KI \in KOF_{Learner}, \exists Learner' \neq Learner; KI \in Capabilities_{Learner'}\}$$

#### 4.3.2 最近复习区域 Zone of proximal review(ZPR)

最近复习区域是知识内缘 KIF 的子集,并且其他学习者已经具备了应用这些知识域的能力。通过这个区域学习者可以知道,在所有的内缘中其他学习者已经掌握的知识域子集,一旦学习者需要复习或是寻求帮助时,可以优先考虑这个区域的学习者寻求帮助或指导。可以表示如下:

$$ZPR_{Learner} = \{KI | KI \in KIF_{Learner}, \exists Learner' \neq Learner; KI \in Capabilities_{Learner'}\}$$

#### 4.3.3 感兴趣知识区域 Zone of Interesting(ZOI)

在特定的知识空间中,感兴趣知识区域是共同对知识域感兴趣的区域,并且其他学习者已经掌握了知识域的集合。

$$ZOI_{Learner} = \{KI | KI \in Interests_{Learner}, \exists Learner' \neq Learner; KI \in Capabilities_{Learner'}\}$$

#### 4.3.4 多级感知处理模型

多级感知处理模型其基本思路是学习者的学习空间划分成细小的知识空间子集,每个知识空间子集都具有特定的意义,反映了特定学习者、特定知识域、特定兴趣组、特定能力组的多级组合,系统根据学习者在所在知识域 KI 的位置,动态地提供给学习者多级感知空间,在不同的感知空间中,进行不同目的的感知活动。本文中的多级感知空间包括:

(1)  $S_0 = S(I, KI, LO, LL)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,学习者在所在知识域 KI 内,和学习者 Learner 具有类似的教学目标,和类似的学习等级水平的学习者的集合,由此形成的感知空间构成了传统意义上的学习小组的概念,可以通过调节学习目标 LO 和学习等级 LL 来获得不同的感知空间。

(2)  $S_1 = \sum_{t \in Op(I, RSF, KI)} S_0(t)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,和学习者所在知识域 KI 具有包含关系的知识域的学习者的集合。

(3)  $S_2 = \sum_{t \in Op(I, AR, KI)} S_0(t)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,和学习者所在知识域 KI 具有相关关系的知识域的学习者的集合。

(4)  $S_3 = \sum_{t \in Op(I, QR, KI)} S_0(t)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,和学习者所在知识域 KI 具有拟序关系的知识域的学习者的集合。

(5)  $S_4 = \sum_{t \in Op(I, BR, KI)} S_0(t)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,和学习者所在知识域 KI 具有兄弟关系的知识域的学习者的集合。

(6)  $S_5 = \sum_{t \in Op(I, PR, KI)} S_0(t)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,和学习者所在知识域 KI 具有并行关系的知识域的学习者的集合。

(7)  $S_6 = \sum_{t \in Op(I, APR, KI)} S_0(t)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,和学习者所在知识域 KI 具有应用关系的知识域的学习者的集合。

(8)  $S_7 = \sum_{t \in Op(I, ZPD, KI)} S_0(t)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,和学习者所在知识域 KI 的知识外缘中,最近发展区域中的学习者集合。

(9)  $S_8 = \sum_{t \in Op(I, ZPR, KI)} S_0(t)$  表示在知识空间  $\kappa$  中,和学习者所在知识域 KI 的知识内缘中,最近复习区域中的学习者集合。

(10)  $S_9 = S_0(t)$ , 当  $t \in ZOI \wedge t = KI$ , 表示在知识空间  $\kappa$  中,对学习者在知识域 KI 感兴趣的集合。

(11)  $S_{10} = \sum_{t \in ZOI} S_0(t)$ , 当  $match(ZOI) > j$ , 表示在知识空间  $\kappa$  中,与学习者具有相同兴趣的知识域匹配程度大于某一个值所对应的学习者集合。

(12)  $S_{11} = \sum_{t \in Op(I, KSF, KI)} S_0(t)$ , 表示在知识空间  $\kappa$  中,已经掌握了学习者所在知识域 KI 的学习者集合,它反映了一个群体的社会性,也就是说学习者都希望成为该感知空间中的一员。

通过上面的各级动态感知空间,学习者可以在不同的学习阶段进行选取,过滤出一些对当前学习有用的信息感知信息,帮助学习者进行学习。

#### 4.4 感知敏感度模型

动态多级感知信息对协同工作的影响程度可以用感知敏感度来描述。一般对协同工作贡献大的动态感知信息,应该赋予高的感知敏感度,反之亦然<sup>[6]</sup>。

本文感知处理以多级感知空间为主要的感知对象,感知对象为  $MAS = \{S_0, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}, S_{11}\}$ , 如果感知结果为  $MAS' = \{S_0', S_1', S_2', S_3', S_4', S_5', S_6', S_7', S_8', S_9', S_{10}', S_{11}'\}$ , 那么,当对象 MAS 发生变化时,感知敏感度定义为:

$$AS = \frac{\partial MAS}{\partial MAS'} = \{n_0 \frac{\partial S_0}{\partial S_0'}, n_1 \frac{\partial S_1}{\partial S_1'}, \dots, n_{11} \frac{\partial S_{11}}{\partial S_{11}'}\}$$

式中:  $\frac{\partial S_0}{\partial S_0'}$  指知识空间  $S_0$  感知敏感度;  $\frac{\partial S_1}{\partial S_1'}$  指知识空间  $S_1$  感知敏感度;  $\dots$ ;  $\frac{\partial S_{11}}{\partial S_{11}'}$  指知识空间  $S_{11}$  感知敏感度。  $n_0, n_1, \dots, n_{11}$  为各类知识空间的敏感强度。

感知的强度是针对动态感知信息的变化程度而言的,是可以调节的。当敏感强度大,对感知的变化敏感度比较强,当感知强度比较低时,即对不重要的信息变化不予感知。感知敏感度应该是 CSCW 为人们进行协同工作提供的一种能够过滤感知干扰信息的重要特征之一。

**结束语** 在网络协同化学习环境中,由于学习环境比较复杂,网络学习在给学习者带来便利的同时,也给学习者的学习过程带来新的问题,其中网络学习环境中的社会性因素欠缺是一个比较主要的问题,在这样的环境中学习容易产生学习者的“孤独感”问题,而基于 CSCW 的感知处理技术,能很好地解决和处理以上问题,增强网络学习环境中的社会性。本文基于知识空间理论和知识域间关系模型,利用学习者的兴趣模型和能力模型,提出了多学习内容、多学习目标、多学习等级的动态多级感知空间模型,在学习者的学习过程中,通过灵活的感知处理技术和感知敏感度调节,为学习者感知其他学习者的信息和行为,为寻求或是提供其他学习者的交流和指导,共同完成学习任务提供了有效的途径。

#### 参考文献

- [1] Gutwin C, Stark G, Greenberg S. Support for Workspace Awareness in Educational Groupware[C]// Proc. ACM Conference on Computer Supported Collaborative Learning, Indiana University, Bloomington, Indiana, USA, Distributed LEA Press, October 1995; 147-156
- [2] 郭健强, 龚杰民. 超文本中的迷路问题[J]. 西安电子科技大学学报, 1997(24): 96-101
- [3] Albert D. Knowledge Structure[M]. Springer Verlag: New York, 1994
- [4] Falmagne J.C. The Assessment of Knowledge in Theory and in Practice[J]. Institute for Mathematical Behavioral Sciences, August 2003; 26-41
- [5] Liechti O. Awareness and the WWW; an overview[J]. ACM SIGGROUP Bulletin, 2000, 21(3): 3-12
- [6] 赵亚伟, 张海盛, 古乐野. CSCW 环境中动态信息感知技术[J]. 计算机应用, 2003, 23(4): 29-30, 34
- [7] 林建明, 陈庆章, 赵小敏, 等. CSCW 系统中群体感知技术的研究[J]. 计算机工程, 2001, 27(9): 43-45
- [8] Ortiz M, Ayala G, Osorio M. Formalizing the Learner Model for CSCL Environments[C]// proceedings of the Fourth Mexican International Conference on Computer Science ENC 03. IEEE Computer Society and Mexican Society for Computer Science, 2003; 151-158
- [9] 詹永照, 王进峰, 毛启容. 协同学习环境中的嵌套式知识空间模型和感知处理[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(7): 1159-1165