

# 基于本体的 e-Learning 环境个性化服务处理方法\*

黄津津<sup>1,2</sup>, 刘云<sup>1</sup>, 詹永照<sup>1,3</sup>

(1. 江苏大学 计算机科学与通信工程学院, 江苏 镇江 212013; 2. 盐城师范学院 信息科学与技术学院, 江苏 盐城 224002; 3. 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 杭州 310027)

**摘要:** 为了向 e-Learning 环境中的学习者提供符合其个性化需求的学习服务, 结合本体论具有概念和关系定义明确的特性, 提出了 e-Learning 环境中学习者的个性化情形本体模型和相应的学习者个性化服务处理方法, 该方法综合考虑了学习者的认知状态和学习偏好, 进行个性化的答疑和进一步学习的内容推荐。采用该方法实现的原型系统实验表明, 可使学习者的学习更有针对性, 可更及时有效地消解疑惑, 从而提高了学习者的学习效果和效率。

**关键词:** e-Learning; 本体; 学习情形; 个性化服务

**中图分类号:** TP393      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-3695(2010)01-0184-05

**doi:**10.3969/j.issn.1001-3695.2010.01.055

## Personalized service processing in e-Learning environments based on ontology

HUANG Jin-jin<sup>1,2</sup>, LIU Yun<sup>1</sup>, ZHAN Yong-zhao<sup>1,3</sup>

(1. School of Computer Science & Telecommunication Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu 212013, China; 2. School of Information Science & Technology, Yancheng Teachers College, Yancheng Jiangsu 224002, China; 3. State Key Laboratory for CAD & CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

**Abstract:** To provide learners in e-Learning environments with learning services that fit their personalized requirements, presented a personalized situation ontology model for learner and its relative personalized service processing method, which combined the characteristics that ontology could define concepts and relations clearly. In this method, proceeded the learner's personalized doubt solution and his/her further learning content recommendation, which took account of learner's cognition states and learning hobby. Experiment results from the prototype system running show that the method can make the learners learn more pertinent materials, clear up doubts more effectively, and can improve the learner's learning effect and efficiency.

**Key words:** e-Learning; ontology; learning situation; personalized service

鉴于 e-Learning 环境中每个学习者的学习能力、个人兴趣与习惯、个人学习基础、努力程度都存在巨大的差异<sup>[1]</sup>, 近年来, 教育专家趋于强调将以教师传授知识的“教”为主要的模式转变为以学生的“学”为中心的教学模式, 实现个性化学习的呼声越来越高。有不少学者对个性化的 e-Learning 环境进行了研究, 如 Hong 等人提出了基于智能网络的 e-Learning 个性化学习路径导航<sup>[2]</sup>, Williams 等人提出了在个性化 e-Learning 系统中对信息进行可视化处理以便于学习者认知<sup>[3]</sup>。这些系统都采用了不同方法对 e-Learning 中的个性化服务进行了探讨, 取得了较好的效果, 但未考虑个性化学习中的知识点关系提取和学习情形的动态推理。

本体论具有概念和关系定义明确的特性, 许多学者利用本体对 e-Learning 进行了研究, 如 Kickmeier-Rust 等人<sup>[4]</sup>提出了以学习者为中心的资源描述本体模型, Vargas-Vera 等人<sup>[5]</sup>提出了基于本体和语义网技术的支持个性化学习方法。现有的这些方法通过对本体的运用, 在知识组织、相关关系提取等方面有了明显优势, 也考虑到了个性化服务问题, 但忽略了对学习者隐式反馈情况的实时收集和处理以及个性化学习服务内容的具体实施, 难以及时准确地反映学习者的个性化信息, 限

制了学习效率的进一步提高。

本文对基于本体的 e-Learning 环境中学习者的各种个性化信息进行合理描述及分析, 并在此基础上提出有针对性的个性化服务处理方法, 以使得服务更符合学习者的个人需求, 从而明显提高学习积极性、效果和效率。

### 1 E-Learning 环境中学习者的个性化情形本体模型

学习者在学习过程中的个性化信息是 e-Learning 环境为其提供个性化服务的依据。因此本文首先给出学习者的个性化信息, 利用本体进行合理、有效的描述, 建立 e-Learning 环境中的个性化情形本体模型并制定相关本体推理规则。

#### 1.1 个性化情形本体模型

学习过程中, 主要考察学习者的学习活动、交流行为、提问行为和测试活动等相关信息。

E-Learning 环境中个性化情形本体模型框架包括与个性化信息 14 元组  $PL = \{ L, KD, KDP, IA, KDPI, TA, KDPT, QA, KDPQ, T, TS, TM, AS, CA \}$  中的 L、KD、KDP、IA、KDPI、TA、KDPT、QA、KDPQ、T、TS、TM、AS、CA 一一对应的 14 个概念

**收稿日期:** 2009-05-23; **修回日期:** 2009-07-01      **基金项目:** 浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室开发基金资助项目; 国家自然科学基金资助项目 (60273040)

**作者简介:** 黄津津 (1965-), 女, 上海人, 副教授, 主要研究方向为分布式计算、信息技术教育 (yetchjj@163.com); 刘云 (1985-), 女, 安徽人, 硕士, 主要研究方向为分布式计算; 詹永照 (1962-), 男, 福建人, 教授, 博导, 主要研究方向为分布式计算、人机交互。

Learner、KnowledgeDomain、KDPoint、InhabitActive、KDPointInhabit、TalkActive、KDPointTalk、QAActive、KDPoint QA、Test、TestStandard、TestMark、AbilityStandard、CognitiveAbility,以及这 14 个概念内部的关联和概念之间存在的关系,如图 1 所示。

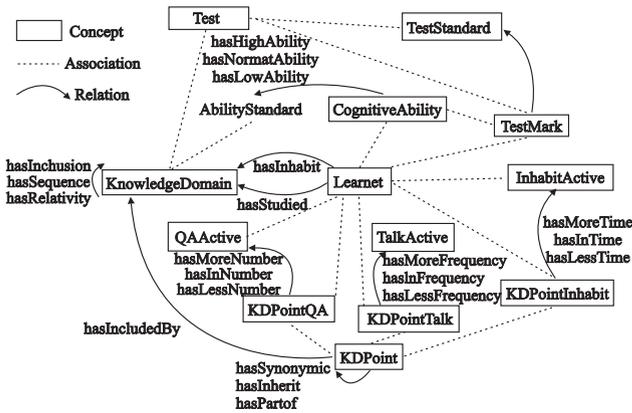


图 1 个性化情形本体模型框架

学习活动的概念和关系涉及 Learner、KnowledgeDomain 和 hasInhabit、hasStudied、hasInclusion、hasSequence、hasRelativity<sup>[6,7]</sup>,还包括其他概念和关系:KDPoint 表示知识点;hasIncludedBy 表示 KDPoint 个体属于 KnowledgeDomain 个体的关系,hasSynonymic 表示 KDPoint 个体之间的同义关系,hasInherit 表示 KDPoint 个体之间的继承关系,hasPartof 表示 KDPoint 个体之间的整体部分关系。

个性化行为的相关概念和关系包括:InhabitActive 表示学习者学习知识域时的访问行为,KDPointInhabit 表示学习者对知识点的访问行为,TalkActive 表示学习者的交流行为,KDPointTalk 表示学习者针对知识点的交流行为,QAActive 表示学习者的提问行为,KDPointQA 表示学习者针对知识点的提问行为;hasMoreTime、hasInTime、hasLessTime 分别表示学习者访问某知识点的实际驻留时间超出、近似于、低于个人的知识点平均驻留时间,hasMoreFrequency、hasInFrequency、hasLessFrequency 分别表示学习者针对某知识点的实际交流频度超出、近似于、低于个人的知识点平均交流频度,hasMoreNumber、hasInNumber、hasLessNumber 分别表示学习者针对某知识点的实际提问次数超出、近似于、低于个人的知识点平均提问次数。

测试活动的概念和关系涉及 Test、TestStandard、TestMark 和 hasGoodMark、hasNormalMark、hasBadMark<sup>[7]</sup>,还包括其他概念和关系:AbilityStandard 表示知识域认知能力标准,CognitiveAbility 表示学习者个人的认知能力;hasHighAbility 表示学习者对知识域的认知能力较高,hasNormalAbility 表示学习者对知识域的认知能力一般,hasLowAbility 表示学习者对知识域的认知能力较差。

根据以上概念及关系可以推理出学习者对知识点的偏好程度以及对知识域的认知状态,并可不断进行动态调整,以实时反映学习者当前的学习偏好。

### 1.2 学习者个性化信息的推理

由个性化情形本体模型中定义了所有相关概念及关系,可以分析出学习者在学习过程中的学习偏好和认知状态。具体推理规则如下。

为了方便表述,记 Learner 个体为 p,KnowledgeDomain 个体为 k,KDPoint 个体为 kdp,KDPointInhabit 个体为 kdpi,Inhabit Active 个体为 ia,KDPointTalk 个体为 kdpt,TalkActive 个体为 ta,KD-

PointQA 个体为 kdpq,QAActive 个体为 qa,k 相应的 Test 个体为 t, p 对应于 t 的 TestMark 个体为 tm,t 相应的 TestStandard 个体为 ts, k 包含于 KnowledgeDomain 个体 m,p 对应于 m 的 CognitiveAbility 个体为 ca,m 相应的 AbilityStandard 个体为 as。

#### 1.2.1 学习偏好的推理

学习偏好的推理包括初始学习和持续学习中的相关偏好推理规则。

##### 1) 初始学习中的相关偏好推理规则

初始学习偏好较大的推理规则为

$$\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasMoreTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasMoreFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasMoreNumber} \\ \vdash p \text{ 对知识点 } kdp \text{ 偏好程度较大}$$

该规则表示如果学习者 p 访问知识点 kdp 的实际驻留时间、针对 kdp 的实际交流频度及提问次数,三者均超出个人相应的平均水平,则推理出 p 对 kdp 的学习偏好程度较大。

初始学习偏好中等的推理规则为

$$(\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasInTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasMoreFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasMoreNumber}) \vee \\ (\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasMoreTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasInFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasMoreNumber}) \vee \\ (\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasMoreTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasMoreFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasInNumber}) \\ \vdash p \text{ 对知识点 } kdp \text{ 偏好程度中等}$$

该规则表示如果学习者 p 访问知识点 kdp 的实际驻留时间、针对 kdp 的实际交流频度及提问次数,有两者超出个人相应的平均水平,另一位在相应的平均水平范围之内,则推理出 p 对 kdp 的学习偏好程度中等。

初始学习偏好较小的推理规则为

$$(\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasInTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasInFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasMoreNumber}) \vee \\ (\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasMoreTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasInFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasInNumber}) \vee \\ (\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasInTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasMoreFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasInNumber}) \\ \vdash p \text{ 对知识点 } kdp \text{ 偏好程度较小}$$

该规则表示如果学习者 p 访问知识点 kdp 的实际驻留时间、针对 kdp 的实际交流频度及提问次数,有一位超出个人相应的平均水平,另两位在相应的平均水平范围之内,则推理出 p 对 kdp 的学习偏好程度较小。

##### 2) 持续学习中的相关偏好推理规则

由于学习者的学习偏好不是一成不变的,需要对其进行动态调整以实时反映学习者当前的学习偏好。动态调整要综合考虑之前的偏好程度以及最近一段时间内的个性化行为。

学习偏好调整为较大的推理规则为

$$(\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasMoreTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasMoreFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasMoreNumber}) \wedge \\ (\langle p, kdp \rangle \in \text{hasInPrefer} \vee \langle p, kdp \rangle \in \text{hasLessPrefer}) \\ \vdash p \text{ 对知识点 } kdp \text{ 偏好程度调整为较大}$$

该规则表示若学习者 p 访问知识点 kdp 的实际驻留时间、针对 kdp 的实际交流频度及提问次数,三者均超出个人相应的平均水平,如果之前对 kdp 的偏好程度中等或较小,则调整为较大。

学习偏好调整为中等的推理规则为

$$((\langle kdpi, ia \rangle \in \text{hasInTime} \wedge \langle kdpt, ta \rangle \in \text{hasMoreFrequency} \wedge \langle kdpq, qa \rangle \in \text{hasMoreNumber}) \vee$$

$$\begin{aligned} & (\langle \text{kdpi}, \text{ia} \rangle \in \text{hasMoreTime} \wedge \langle \text{kdpt}, \text{ta} \rangle \in \text{hasInFrequency} \wedge \\ & \langle \text{kdpq}, \text{qa} \rangle \in \text{hasMoreNumber}) \vee \\ & (\langle \text{kdpi}, \text{ia} \rangle \in \text{hasMoreTime} \wedge \langle \text{kdpt}, \text{ta} \rangle \in \text{hasMoreFrequency} \wedge \\ & \langle \text{kdpq}, \text{qa} \rangle \in \text{hasInNumber}) \wedge \langle \text{p}, \text{kdp} \rangle \in \text{hasInPrefer} \\ & \mapsto \text{p 对知识点 kdp 偏好程度调整为中等} \end{aligned}$$

该规则表示若学习者 p 访问知识点 kdp 的实际驻留时间、针对 kdp 的实际交流频度及提问次数,有两者超出个人相应的平均水平,另一位在相应的平均水平范围之内,如果之前对 kdp 的偏好程度较小,则调整为中等。

$$\begin{aligned} & ((\langle \text{kdpi}, \text{ia} \rangle \in \text{hasInTime} \wedge \langle \text{kdpt}, \text{ta} \rangle \in \text{hasInFrequency} \wedge \\ & \langle \text{kdpq}, \text{qa} \rangle \in \text{hasMoreNumber}) \vee \\ & (\langle \text{kdpi}, \text{ia} \rangle \in \text{hasMoreTime} \wedge \langle \text{kdpt}, \text{ta} \rangle \in \text{hasInFrequency} \wedge \\ & \langle \text{kdpq}, \text{qa} \rangle \in \text{hasInNumber}) \vee \\ & (\langle \text{kdpi}, \text{ia} \rangle \in \text{hasInTime} \wedge \langle \text{kdpt}, \text{ta} \rangle \in \text{hasMoreFrequency} \wedge \\ & \langle \text{kdpq}, \text{qa} \rangle \in \text{hasInNumber})) \wedge \langle \text{p}, \text{kdp} \rangle \in \text{hasMorePrefer} \\ & \mapsto \text{p 对知识点 kdp 偏好程度调整为中等} \end{aligned}$$

该规则表示若学习者 p 访问知识点 kdp 的实际驻留时间、针对 kdp 的实际交流频度及提问次数,有一位超出个人相应的平均水平,另两位在相应的平均水平范围之内,如果之前对 kdp 的偏好程度较大,则调整为中等。

学习偏好调整为较小的推理规则为

$$\begin{aligned} & (\langle \text{kdpi}, \text{ia} \rangle \in \text{hasInTime} \wedge \langle \text{kdpt}, \text{ta} \rangle \in \text{hasInFrequency} \wedge \\ & \langle \text{kdpq}, \text{qa} \rangle \in \text{hasInNumber}) \wedge \\ & (\langle \text{p}, \text{kdp} \rangle \in \text{hasMorePrefer} \vee \langle \text{p}, \text{kdp} \rangle \in \text{hasInPrefer}) \\ & \mapsto \text{p 对知识点 kdp 偏好程度调整为较小} \end{aligned}$$

该规则表示若学习者 p 访问知识点 kdp 的实际驻留时间、针对 kdp 的实际交流频度及提问次数,三者均在个人相应的平均水平范围之内,如果之前对知识点 kdp 的偏好程度较大或中等,则调整为较小。

删除学习偏好的推理规则为

$$\begin{aligned} & (\langle \text{kdpi}, \text{ia} \rangle \in \text{hasLessTime} \vee \langle \text{kdpt}, \text{ta} \rangle \in \text{hasLessFrequency} \vee \\ & \langle \text{kdpq}, \text{qa} \rangle \in \text{hasLessNumber}) \wedge \\ & (\langle \text{p}, \text{kdp} \rangle \in \text{hasMorePrefer} \vee \langle \text{p}, \text{kdp} \rangle \in \text{hasInPrefer} \vee \\ & \langle \text{p}, \text{kdp} \rangle \in \text{hasLessPrefer}) \end{aligned}$$

$\mapsto$  p 对知识点 kdp 不再具有偏好,把 kdp 从 p 的学习偏好中删除

该规则表示若学习者 p 访问知识点 kdp 的实际驻留时间、针对 kdp 的实际交流频度及提问次数,三者之中有一位低于个人相应的平均水平,则无论之前对知识点 kdp 的偏好程度是多少,均从偏好中删除。

### 1.2.2 认知状态的推理

对知识域认知状态较好的推理规则为

$$\begin{aligned} & (\langle \text{ca}, \text{as} \rangle \in \text{hasHighAbility} \vee \langle \text{ca}, \text{as} \rangle \in \text{hasNormalAbility}) \wedge \\ & \langle \text{m}, \text{k} \rangle \in \text{hasInclusion} \wedge \\ & \langle \text{p}, \text{k} \rangle \in \text{hasStudied} \wedge \langle \text{tm}, \text{ts} \rangle \in \text{hasGoodMark} \\ & \mapsto \text{p 对知识域 k 认知状态较好} \end{aligned}$$

该规则表示若学习者 p 对知识域 m 的认知能力较高或一般,并且知识域 k 包含于知识域 m,如果学习者 p 已经学习知识域 k 并取得了理想的测试成绩,则认为学习者 p 对知识域 k 的认知状态较好。

对知识域认知状态一般的推理规则为

$$\begin{aligned} & (((\langle \text{ca}, \text{as} \rangle \in \text{hasHighAbility} \vee \langle \text{ca}, \text{as} \rangle \in \text{hasNormalAbility}) \wedge \\ & \langle \text{tm}, \text{ts} \rangle \in \text{hasNormalMark}) \vee \\ & (\langle \text{ca}, \text{as} \rangle \in \text{hasLowAbility} \wedge \langle \text{tm}, \text{ts} \rangle \in \text{hasGoodMark})) \wedge \\ & \langle \text{m}, \text{k} \rangle \in \text{hasInclusion} \wedge \langle \text{p}, \text{k} \rangle \in \text{hasStudied} \\ & \mapsto \text{p 对知识域 k 认知状态一般} \end{aligned}$$

该规则表示若学习者 p 对知识域 m 的认知能力较高或一般,并且知识域 k 包含于知识域 m,如果学习者 p 已经学习知识域 k 而测试成绩一般;或者学习者 p 对于知识域 m 的认知能力较差,并且知识域 k 包含于知识域 m,如果学习者 p 已经学习知识域 k 却取得了理想的测试成绩,则认为学习者 p 对知识域 k 的认知状态一般。对知识域认知状态较差的推理规则为

$$\begin{aligned} & \langle \text{p}, \text{k} \rangle \in \text{hasStudied} \wedge \langle \text{tm}, \text{ts} \rangle \in \text{hasBadMark} \\ & \mapsto \text{p 对知识域 k 认知状态较差} \end{aligned}$$

该规则表示若学习者 p 已经学习知识域 k 但测试成绩不理想,则认为学习者 p 对知识域 k 的认知状态较差。

## 2 E-Learning 中的个性化服务的处理

为了能够根据学习者的个性化信息有针对性地提供相应服务,实现以学习者为中心的学习模式,提高学习者的学习效率。本文提出基于个性化情形本体的 e-Learning 环境个性化服务的处理方法,包括基于学习者学习偏好的个性化答疑和基于学习者认知状态的个性化推荐。为了方便表述,根据前面所述的关系及设定的变量标志,这里也设定学习者为 p, p 正在学习的知识点为 kdp, p 针对 kdp 提问问句为 lq, 标准问句为 sq, p 正在学习的知识域为 k, 被推荐的知识域为 n, 被推荐的学习者为 s。

### 2.1 基于学习者学习偏好的个性化答疑

在学习者进行知识域学习的过程中,向学习者提供符合其学习偏好的知识点答疑功能。下面简述答疑处理过程。

#### 2.1.1 标准问答库的建立

标准问答库是提供答疑功能的基础,答疑过程要将学习者问句与标准问答库中的标准问句进行匹配,以获得相应的答案。标准问句的形式化描述为 StandardQuestion (ID, Question, KDPoint, QuestionFocus, QuestionWord, Answer)。其中, ID 是问句标志, Question 是问句内容, KDPoint 是该问句对应的知识点概念, QuestionFocus 是该问句的提问重点, QuestionWord 是该问句的疑问代词, Answer 是该问句的答案。

#### 2.1.2 对学习者的问句进行分词

利用知识点概念集、提问重点集和疑问代词集对学习者的问句正向扫描最大匹配,获取相应的知识点概念、提问重点和疑问代词,得到学习者问句的形式化描述 LearnerQuestion (ID, Learner\_ID, Question, KDPoint, QuestionFocus, QuestionWord)。其中, ID 是问句标志, Learner\_ID 是提问者 ID 号, Question 是问句内容, KDPoint 是该问句对应的知识点概念, QuestionFocus 是该问句的提问重点, QuestionWord 是该问句的疑问代词。

#### 2.1.3 语义扩展知识点概念

对从学习者问句中抽取得到的知识点概念进行语义扩展,返回本体模型中与其具有 hasSynonymic、hasInherit、hasPartof 关系的知识点集合,并在标准问答库中选取候选问题集,为语义相似度计算作准备。推理规则如下:

$$\begin{aligned} & (\text{sq.kdp} = \text{lq.kdp}) \vee \langle \text{sq.kdp}, \text{lq.kdp} \rangle \in \text{hasSynonymic} \vee \\ & \langle \text{sq.kdp}, \text{lq.kdp} \rangle \in \text{hasInherit} \vee \\ & \langle \text{sq.kdp}, \text{lq.kdp} \rangle \in \text{hasPartof} \\ & \mapsto \text{将 sq 加入候选问题集} \end{aligned}$$

#### 2.1.4 语义相似度计算及答案返回

学习者问句与候选问题集中的问句的语义相似度计算,基于知识点概念、提问重点加疑问代词两部分。采用语义相似度

计算模型<sup>[8-10]</sup>计算知识点概念之间的相似度。采用向量空间模型(VSM)<sup>[11,12]</sup>计算提问重点加疑问代词部分的相似度。问句与候选问题的相似度为  $\text{sim}(lq, sq) = \alpha \times \text{simKDP} + \beta \times \text{simQFW}$ 。其中,  $\text{simKDP}$ 、 $\text{simQFW}$  分别为知识点概念间的语义相似度、提问重点加疑问代词部分的相似度;  $\alpha$ 、 $\beta$  分别为知识点概念部分、提问重点加疑问代词部分的权重因子,  $0 < \beta < \alpha < 1$  且  $\alpha + \beta = 1$ 。系统设定阈值  $\delta$ , 返回相似度较高的答案集合, 返回结果的排列顺序按相似度计算结果由大到小排列。权重因子和阈值的取值是根据实验数据经验确定的, 首先人为地设定初始值, 然后通过多次的实验数据来检查结果是否能够满足学习者的需求, 进而不断修正初始值, 最后得到相对比较稳定的经验值作为原型系统的取值。

### 2.1.5 基于学习偏好返回结果阈值调整

如果学习者对当前知识点有偏好, 则根据候选问题集的知识点与当前知识点之间的关系对阈值  $\delta$  进行调整;  $\delta'$  表示调整后的阈值;  $s$ 、 $i$ 、 $p$  分别表示具有  $\text{hasSynonymic}$ 、 $\text{hasInherit}$ 、 $\text{hasPartof}$  关系的知识点类型的权重;  $\omega$ 、 $v$ 、 $\mu$  分别表示权重因子,  $0 < \omega < v < \mu < 1$  且  $\omega + v + \mu = 1$ 。这里权值和权重因子的取值也是根据实验数据经验确定的, 首先人为地设定初始值, 然后通过多次的实验数据来检查结果是否能够满足学习者的需求, 进而不断修正初始值, 最后得到相对比较稳定的经验值作为原型系统的取值。

如果学习者对当前知识点偏好程度较大, 则应尽量多地返回与当前知识点相关的信息及其背景知识供学习者参考, 返回结果中应当尽量出现对应于当前知识点以及与其具有  $\text{hasSynonymic}$ 、 $\text{hasInherit}$ 、 $\text{hasPartof}$  关系的知识点的问题集。推理规则如下:

$$\langle p, kdp \rangle \in \text{hasMorePrefer}$$

$$\mapsto \delta' = (1 - (\omega \times \frac{s}{\sqrt{s^2 + i^2 + p^2}} + v \times \frac{i}{\sqrt{s^2 + i^2 + p^2}} + \mu \times \frac{p}{\sqrt{s^2 + i^2 + p^2}})) \times \delta$$

如果学习者对当前知识点偏好程度中等, 则应返回一些与当前知识点相关的信息及其背景知识, 返回结果集中应当尽量出现对应于当前知识点以及与其具有  $\text{hasSynonymic}$ 、 $\text{hasInherit}$  关系的知识点的问题集。推理规则如下:

$$\langle p, kdp \rangle \in \text{hasNormalPrefer}$$

$$\mapsto \delta' = (1 - (\omega \times \frac{s}{\sqrt{s^2 + i^2 + p^2}} + v \times \frac{i}{\sqrt{s^2 + i^2 + p^2}})) \times \delta$$

如果学习者对当前知识点偏好程度较小, 则应返回一些相关信息, 返回结果集中应当尽量出现对应于当前知识点以及与其具有  $\text{hasSynonymic}$  关系的知识点。推理规则如下:

$$\langle p, kdp \rangle \in \text{hasLessPrefer}$$

$$\mapsto \delta' = (1 - \omega \times \frac{s}{\sqrt{s^2 + i^2 + p^2}}) \times \delta$$

### 2.1.6 学习者的隐式反馈信息分析处理

答疑结束后, 根据学习者的隐式反馈信息调整学习者的学习偏好, 以更加贴近学习者的个性化需求。隐式反馈信息包括是否点击查看为其提供的答案以及查看答案的驻留时间。

1) 点击查看所提供答案的学习偏好调整推理规则

$p$  点击查看答案  $\wedge \langle p, kdp \rangle \in \text{hasInlPrefer} \wedge$

查看驻留时间超出个人的平均查看答案驻留时间

$\mapsto \langle p, kdp \rangle \in \text{hasMorePrefer}$

表示若学习者  $p$  点击查看所提供的答案, 并且  $p$  对该答案相

应的知识点  $kdp$  的偏好程度中等, 同时查看的驻留时间超出个人的平均查看答案驻留时间, 则  $p$  对  $kdp$  的偏好程度调整为较大。

$P$  点击查看答案  $\wedge \langle p, kdp \rangle \in \text{hasLessPrefer} \wedge$

查看驻留时间超出或达到个人的平均查看答案驻留时间

$\mapsto \langle p, kdp \rangle \in \text{hasInPrefer}$

表示若学习者  $p$  点击查看所提供的答案, 并且  $p$  对该答案相应的知识点  $kdp$  的偏好程度较小, 同时查看的驻留时间超出或达到个人的平均查看答案驻留时间, 则  $p$  对  $kdp$  的偏好程度调整为中等。

2) 不点击查看所提供答案的学习偏好调整推理规则

$p$  不点击查看答案  $\wedge \langle p, kdp \rangle \in \text{hasMorePrefer}$

$\mapsto \langle p, kdp \rangle \in \text{hasInPrefer}$

表示若学习者  $p$  不点击查看所提供的答案, 并且  $p$  对该答案相应的知识点  $kdp$  的偏好程度较大, 则  $p$  对  $kdp$  的偏好程度调整为中等。

$p$  不点击查看答案  $\wedge \langle p, kdp \rangle \in \text{hasInPrefer}$

$\mapsto \langle p, kdp \rangle \in \text{hasLessPrefer}$

表示若学习者  $p$  不点击查看所提供的答案, 并且  $p$  对该答案相应的知识点  $kdp$  的偏好程度中等, 则  $p$  对  $kdp$  的偏好程度调整为较小。

$p$  不点击查看答案  $\wedge \langle p, kdp \rangle \in \text{hasLessPrefer}$

$\mapsto$  将  $kdp$  从偏好中删除

表示若学习者  $p$  不点击查看所提供的答案, 并且  $p$  对该答案相应的知识点  $kdp$  的偏好程度较小, 则将  $kdp$  从  $p$  的学习偏好中删除。

## 2.2 基于学习者认知状态的个性化推荐

当学习者完成知识域学习后, 将会根据学习者的认知状态自动提供相应的个性化推荐。推理规则如下:

$p$  对知识域  $k$  认知状态较差

$\mapsto$  为  $p$  提供与  $k$  相关的个性化推荐

表示如果学习者  $p$  学习知识域  $k$  的认知状态较差, 则向其推荐重新学习当前知识域  $k$  及其相应的知识域, 以及与相应学习者进行交流。

推荐学习的知识域应有优先顺序, 各推荐知识域的优先顺序是由对应知识域与当前所学知识域的关系以及对应知识域是否已经学习过决定的。

因为前序知识域比普通相关知识域更有必要学习, 没有学习过的知识域比学习过的知识域也更有必要学习, 所以优先顺序最高的是前序知识域, 然后是未学习的相关知识域, 最后是学习过的相关知识域。

与其他学习者交流的推荐顺序是由学习者的认知状态和当前所处位置决定的。其优先级最高的是对当前知识域认知状态较好的学习者, 因为他们成绩优异, 可以为当前学习者提供成功的学习经验。其次是对当前知识域认知状态一般的学习者, 他们可以提供一些学习心得。最后是同在当前知识域学习的其他学习者, 他们可以在交流过程中提供一些有益的帮助。

在进行个性化推荐之后分析处理学习者的隐式反馈信息, 根据其可对以后的推荐内容作相应调整, 以更加贴近学习者的个性化需求。学习者的隐式反馈信息包括是否点击学习向其推荐的知识域、学习这些知识域后的认知状态、是否与推荐的学习者交流等。

点击学习所推荐知识域的推荐调整推理规则有两条: a)

若学习者 p 点击学习向其推荐的知识域 n, 学习完成后对 n 的认知状态较好或一般, 则认为学习者 p 已经掌握了 n 部分的知识, 如果 p 再次学习某一知识域 k 但认知状态仍较差时, 就不再向 p 推荐知识域 n。b) 若学习者 p 点击学习知识域 n, 学习完成后对 n 的认知状态较差, 则要向 p 推荐重新学习知识域 n 及其相应知识域以及与相应学习者的交流。这也是推荐的传递性, 便于学习者学习还没有掌握牢靠的知识。

与所推荐学习者交流的推荐调整推理规则为: 若学习者 p 与所推荐的学习者 s 进行交流, 并且 s 是对当前知识域 k 认知状态一般的学习者, 如果 p 再次学习知识域 k 但认知状态仍较差时, 笔者认为学习者 s 对 p 的学习帮助可能不大, 就不再向 p 推荐学习者 s。

### 3 个性化服务处理实例

根据以上给出的 e-Learning 环境中个性化情形本体的定义以及个性化服务处理方法, 利用 Stanford 大学提供的 Protégé 本体建模工具<sup>[13]</sup>, 对前面定义的概念、属性和它们之间的相互关系进行建模, 最终生成 Semantic Web 的 OWL 文档, 同时还利用惠普公司提供的 JENA<sup>[14]</sup> 推理机开发出了基于本体的具有个性化服务功能的 e-Learning 环境原型系统。

图 2 给出的是基于学习者学习偏好的个性化答疑界面。当学习者在学习过程中遇到问题时可以提问, 系统自动根据学习者的学习偏好, 提供最符合其个性化需求的答案。例如学习者 Kathy 在学习知识点“数据库系统”时遇到问题, 提问“数据库系统的定义是什么”, 系统对问句进行分词、语义扩展、语义相似度计算, 然后查询学习者 Kathy 的学习偏好, 得到 Kathy 对问句的知识点“数据库系统”具有较大偏好; 本着尽量多地返回与知识点“数据库系统”相关的信息及其背景知识供学习者参考的原则, 返回结果中包括与知识点“数据库系统”具有 hasSynonymic、hasInherit、hasPartof 关系的知识点“数据库管理系统”“数据库”“关系数据库系统”的三条相关问题。于是, 学习者 Kathy 提问后看到的界面如图 2 所示, 可以根据需要对这些相关问题进行查看。

图 3 给出的是基于学习者认知状态的个性化推荐界面。当学习者对知识域的认知状态较差时, 系统自动提供个性化推荐功能, 向其推荐相应知识域的学习以及与相应学习者的交流。例如学习者 Kathy 在学习课程“数据库概论”的章节“关系数据理论”时认知状态较差, 系统将为其提供个性化推荐。推荐内容包括知识域的学习; 章节“关系数据理论”的前序章节“数据库基础”、未学习的相关章节“关系系统及其查询优化”、已经学习的相关章节“关系数据库”; 以及其他学习者的交流: 已经出色完成本章节学习的学习者 s4、已经完成本章节学习的学习者 s2、当前同在本章节学习的同学 s3。于是, 学习者 Kathy 看到的界面如图 3 所示。



图2 基于学习者学习偏好的个性化答疑界面



图3 基于学习者认识状态的个性化推荐界面

根据对使用本系统的学生进行问卷调查的结果表明, 个性化答疑可帮助学习者在学习过程中及时解决疑难问题并提供相关知识学习, 实现了更有效的疑惑消解方案。个性化推荐使得学习者的学习更有针对性, 既节约了学习时间, 又有融会贯通的功效。因此该个性化服务处理方法提高了学习者的学习效果 and 效率。

### 4 结束语

本体论具有概念和关系定义明确、同时方便各种情形的推理等特性, 为了给 e-Learning 环境中的学习者提供符合其个性化需求的学习服务, 本文提出了 e-Learning 环境中学习者的个性化情形本体模型和相应的学习者个性化服务处理方法, 该方法利用情形本体及时推断学习者的认知状态和学习偏好, 并进行个性化的答疑和进一步学习的内容推荐。实验结果表明, 该方法可使学习者的学习更有针对性, 可更及时有效地消解疑惑, 从而提高了学习者的学习效果和效率。该方法可方便地应用于支持个性化学习的 e-Learning 系统开发中。

#### 参考文献:

- [1] GHAEL S P, SAYEED A M, BARAINK R G. Improved wavelet denoising via empirical wiener filtering [C]//Proc of SPIE. Bellingham: SPIE Press, 1997:389-399.
- [2] HONG C M, CHEN C M, CHANG M H, et al. Intelligent Web-based tutoring system with personalized learning path guidance [C]//Proc of the 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. New York: IEEE Press, 2007: 512-516.
- [3] WILLIAMS F P, CONLAN O. Visualizing narrative structures and learning style information in personalized e-Learning systems [C]//Proc of the 7th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. New York: IEEE Press, 2007: 872-876.
- [4] KICKMEIER-RUST M D, ALBERT D. The ELEKTRA ontology model: a learner-centered approach to resource description [C]//Proc of International Conference on Advances in Web-based Learning. Berlin: Springer, 2007:78-89.
- [5] VARGAS-VERA M, LYTRAS M. Personalized learning using ontologies and semantic Web technologies [C]//Proc of the 1st World Summit on the Knowledge Society. Berlin: Springer, 2008: 177-186.
- [6] 詹永照, 谢志峰, 毛启睿. 协同学习环境中感知本体的构建方法 [J]. 江苏大学学报, 2007, 28(2): 164-167.
- [7] ZHAN Y Z, XU L T, MAO Q R. Ontology based situation analysis and encouragement in e-Learning system [C]//Proc of Technologies for E-Learning and Digital Entertainment. Berlin: Springer, 2007: 401-410.
- [8] STEICHEN O, BOZEC C D. Computation of semantic similarity within an ontology of breast pathology to assist inter-observer consensus [J]. Computers in Biology and Medicine, 2006, 36(7): 768-788.
- [9] GAN K W, WONG P W. Annotating information structures in Chinese texts using HowNet [C]//Proc of the 2nd Workshop on Chinese Language Processing. Morristown: Association for Computational Linguistics, 2000: 85-92.
- [10] BUDANITSKY A, HIRST G. Evaluating word net-based measures of lexical semantic relatedness [J]. Computational Linguistics, 2006, 32(1): 13-47.
- [11] 张亮, 冯冲, 陈肇雄, 等. 基于语义相似度计算的 FAQ 自动回复系统设计及实现 [J]. 小型微型计算机系统, 2006, 27(4): 720-723.
- [12] 郑庆华, 胡云华, 张素娟. 自然语言网络答疑系统的研究与实现 [J]. 小型微型计算机系统, 2005, 26(3): 554-560.
- [13] Protégé [EB/OL]. <http://protege.stanford.edu>.
- [14] JENA [EB/OL]. <http://jena.sourceforge.net>.