

N-SHOQ(*D*): 描述逻辑 SHOQ(*D*) 的一个非单调扩展

王淞昕^{1,2} 王 飞² 周水庚² 周傲英²

¹(上海财经大学计算机科学与技术系 上海 200433)

²(复旦大学计算机科学与工程系 上海 200433)

(sxwang@fudan.edu.cn)

N-SHOQ(*D*): A Nonmonotonic Extension of Description Logic SHOQ(*D*)

Wang Songxin^{1,2}, Wang Fei², Zhou Shuigeng², and Zhou Aoying²

¹(Department of Computer Science and Technology, Shanghai University of Finance & Economics, Shanghai 200433)

²(Department of Computer Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract Ontologies play a central role in the development of the semantic web, as they provide precise definitions of shared terms in web resources. One important web ontology language is DAML + OIL. It has a formal semantics and a reasoning support through a mapping to the expressive description logic SHOQ(*D*) with the addition of inverse roles. One shortcoming of the SHOQ(*D*) is that the incomplete knowledge frequently emerging in the practice cannot be expressed by SHOQ(*D*). In this paper, a nonmonotonic extension of the SHOQ(*D*), called N-SHOQ(*D*), is presented to allow for dealing with incomplete knowledge in the semantic web. The syntax and semantic of N-SHOQ(*D*) are defined and its properties are studied in detail. The N-SHOQ(*D*) forms a formal underpinning for the nonmonotonic extension of the DAML + OIL language.

Key words semantic web; DAML + OIL; description logic; nonmonotonic reasoning

摘 要 描述逻辑 SHOQ(*D*)给出了 Web 本体语言 DAML + OIL 的语义,但 SHOQ(*D*)只能处理严格成立的完备知识,不能处理在实际情况中经常出现的不完备知识.对描述逻辑 SHOQ(*D*)进行扩展,提出了能够处理不完备知识的非单调描述逻辑 N-SHOQ(*D*).给出了 N-SHOQ(*D*)的语法和语义,定义了 N-SHOQ(*D*)中的蕴涵推理关系,研究了 N-SHOQ(*D*)所具有的性质. N-SHOQ(*D*)为扩展 DAML + OIL 语言到能够处理不完备知识的情形提供了语义支持.

关键词 语义 Web; DAML + OIL; 描述逻辑; 非单调推理

中图法分类号 TP18; TP393

1 引 言

Web 上存储着数量巨大的信息,目前这些信息在格式上主要采用 HTML 语言来书写,使用 HTML 语言可以解决信息的传输和显示问题,但信息的内在含义对机器来说不可理解,对信息内在含义的理解和使用处理只能由人来进行,这为开发

Web 上的智能应用带来了很大障碍.语义 Web (semantic Web)是针对上述问题而提出的一种解决办法,它的目标是让 Web 上的信息成为机器可理解的,从而使机器和人可以更好地相互协作,使 Web 提供的服务质量得到质的提高.语义 Web 研究代表了 Web 下一步发展的一个重要方向,并且在 Web 服务及网格等研究领域中有重要的应用,因而成为近几年的一个研究热点,并已取得大量重要的研

究结果.

语义 Web 采用本体(ontology)语言来书写领域知识以实现信息的共享和互操作.本体是一种重要的知识表示方法,一般说来,本体由描述特定领域所使用的所有概念组成,此外,本体还指明了概念所具有的性质,概念之间以及性质之间所具有的关系,从而在整体上形成了对特定领域中概念模型的一种显式说明. DAML + OIL^[1]语言是集中了美国和欧洲在语义 Web 领域的研究成果^[2,3]开发的一种 Web 本体语言,它的语法结合了框架表示方法的某些特征并且和现有的 Web 标准如 XML 和 RDF(S)兼容,它的语义由一种特殊的描述逻辑 SHOQ(D)^[4]给出.用 DAML + OIL 语言书写的本体相应地被映射为 SHOQ(D)中的知识库,利用 SHOQ(D)的推理能力可以实现对 DAML + OIL 本体的推理.

人类对于世界的认识往往是不精确的,这导致在领域知识中存在大量不完备知识.例如,对一个特定病例,医学专家可能会基本判定患有某类疾病,但却又不是完全肯定,因而归结为所谓疑似病例.不完备知识是在通常情况或典型情况下成立的判断,从不完备知识出发所推出的结论,在获取更进一步的认知后可能会被撤消,从而使推理表现出非单调性.扩展现有的 Web 本体语言使之能处理不完备知识具有重要的意义,为此需要在描述逻辑 SHOQ(D)中增加对不完备知识的处理能力.在现有工作中,尚未出现对 SHOQ(D)的这种非单调扩展.

基于上述情况,本文对描述逻辑 SHOQ(D)进行扩展,提出了能够处理不完备知识的非单调描述逻辑 N-SHOQ(D).本文给出了 N-SHOQ(D)的语法和语义,定义了 N-SHOQ(D)中的蕴涵推理关系,研究了 N-SHOQ(D)所具有的性质. N-SHOQ(D)为扩展 DAML + OIL 语言到能够处理不完备知识的情形提供了语义支持.

本文组织如下:第 2 节给出了与相关工作的比较,第 3 节介绍了描述逻辑 SHOQ(D),第 4 节给出了非单调描述逻辑 N-SHOQ(D);第 5 节研究了 N-SHOQ(D)所具有的性质,最后是结论和将来的工作.

2 相关工作

通过在描述逻辑中引入缺省推理可以处理不完备知识,现有文献中已经有了若干这方面的工作.文献[5]在描述逻辑中引入缺省规则,提出了术语缺省理论(terminological default theory),并采用计算

扩充的方法进行缺省推理.文献[6]在术语缺省理论的基础上进一步引入了带优先级的术语缺省理论,以处理带有前提条件的缺省规则之间的优先级问题.上述工作共同的基本思想是把描述逻辑与缺省逻辑^[7]相结合以实现描述逻辑中的缺省推理,其做法是保持描述逻辑中的声明知识库(assertions box)不变,对于术语知识库(terminology box)则替换为一个缺省规则集.

上述工作的一个共同问题在于无法在声明知识库中表示不完备的知识.而且,由于术语知识库实质上是一个缺省规则集,故对术语知识库本身不能进行有效的推理.此外,上述工作所考虑的描述逻辑均为最基本的描述逻辑 ALC^[8],因而并不适用于针对 DAML + OIL 语言而提出的描述逻辑 SHOQ(D).

文献[9]对描述逻辑 SHOQ(D)进行概率扩展,提出了概率描述逻辑 P-SHOQ(D).与本文提出的非单调描述逻辑 N-SHOQ(D)相比,两者的共同之处是都对 SHOQ(D)进行了扩展以处理不确定性知识,不同之处在于, P-SHOQ(D)处理的是领域知识的定量不确定性,而 N-SHOQ(D)处理的是领域知识的定性不确定性,两者分别适用于不同的应用场合.

3 描述逻辑 SHOQ(D)

描述逻辑(description logic)是一种基于对象的知识表示的形式化,它是一阶逻辑的一个可判定的子集,有时也被称为概念表示语言或术语逻辑.描述逻辑建立在概念(concept)和关系(role)之上,其中概念解释为对象的集合,关系解释为对象之间的二元关系.一个特定的描述逻辑由语法、语义和其上所定义的推理关系 3 部分组成.

本节简要介绍描述逻辑 SHOQ(D),关于 DAML + OIL 语言的语法细节以及从 DAML + OIL 语言到 SHOQ(D)的映射可参见文献[2].

首先给出 SHOQ(D)的语法.

定义 1. 令 D 一个集合,称为具体数据类型(concrete datatype)集,称 D 中一个元素 $d \in D$ 为一个数据类型, d 的定义域记做 $Dom(d)$.

定义 2. 令 C, R_A, R_C 及 I 分别代表概念名、抽象关系名、具体关系名及个体名的集合, SHOQ(D)中的概念是满足如下条件的最小集合:

- ① C 中的原子概念是一个概念;
- ② 如果 o 是 I 中一个个体,则 $\{o\}$ 是一个概念;

③ 如果 C, D 是概念, 则 $C \cap D, C \cup D, C$ 是概念;

④ 如果 C 是概念, R 是一个 R_A 中一个抽象关系, n 是一个非负整数, 则 $\exists R.C, \forall R.C, \geq nR.C$ 及 $\leq nR.C$ 是概念;

⑤ 如果 T 是一个 R_C 中一个具体关系, d 是 D 中一个具体数据类型, 则 $\exists T.d, \forall T.d$ 是概念。

定义 3. 设 C, D 属于 R_C ; R, S 或者都属于 R_A , 或者都属于 R_C , 则表达式 $C \subseteq D$ 称为概念包含公理 (concept inclusion axiom), 表达式 $R \subseteq S$ 称为关系包含公理 (role inclusion axiom). 表达式 $\text{TRAN}(R)$ 称为传递公理 (transitive axiom), 其中 $R \in R_A$. 概念包含公理、关系包含公理及传递公理统称为术语公理 (terminology axiom).

定义 4. 知识库是一个术语公理的集合, 记为 KB .

描述逻辑的知识库通常由术语知识库和声明知识库 2 部分组成, $\text{SHOQ}(D)$ 中的知识库虽然只包括术语公理, 却可以统一处理这两部分内容. 具体说来, 如果个体 o 是概念 C 的一个实例, 在 $\text{SHOQ}(D)$ 中可以写为术语公理 $\{o\} \subseteq C$; 如果一对个体 (o_1, o_2) 是关系 R 的一个实例, 在 $\text{SHOQ}(D)$ 中可以写为术语公理 $\{o_1\} \subseteq \exists R.\{o_2\}$.

下面给出 $\text{SHOQ}(D)$ 的语义。

定义 5. 相对于具体数据类型集 D 的解释 L 是一个二元组 (Δ, I) , 其中 Δ 是一个非空集合, 称为论域, 映射 I 将每个原子概念映射为 Δ 的一个子集, 将每个个体集合 $\{o\}$ 映射为 Δ 的一个单元子集, 将 R_A 中每个抽象关系映射为 $\Delta \times \Delta$ 上的一个二元关系, 将 R_D 中每个具体关系映射为 $\Delta \times \text{dom}(D)$ 上的一个二元关系, 并按以下方式扩展到 $\text{SHOQ}(D)$ 中所有概念 (令 $\#S$ 代表集合 S 的基数):

① $I(C \cap D) = I(C) \cap I(D), I(C \cup D) = I(C) \cup I(D), I(\neg C) = \Delta \setminus I(C)$;

② $I(\exists R.C) = \{x \in \Delta \mid \exists y: (x, y) \in I(R) \wedge y \in I(C)\}$;

③ $I(\forall R.C) = \{x \in \Delta \mid \forall y: (x, y) \in I(R) \rightarrow y \in I(C)\}$;

④ $I(\geq nR.C) = \{x \in \Delta \mid \#(\{y \mid (x, y) \in I(R)\}) \cap I(C) \geq n\}$;

⑤ $I(\leq nR.C) = \{x \in \Delta \mid \#(\{y \mid (x, y) \in I(R)\}) \cap I(C) \leq n\}$;

⑥ $I(\exists T.d) = \{x \in \Delta \mid \exists y: (x, y) \in I(T) \wedge y \in \text{dom}(d)\}$;

⑦ $I(\forall T.d) = \{x \in \Delta \mid \forall y: (x, y) \in I(T) \rightarrow y \in \text{dom}(d)\}$.

定义 6. 设 L 为一个解释, F 是一个术语公理, 则 L 满足 F , 记作 $L \models F$, 定义如下:

① $L \models C \subseteq D$, 当且仅当 $I(C) \subseteq I(D)$;

② $L \models R \subseteq S$, 当且仅当 $I(R) \subseteq I(S)$;

③ $L \models \text{TRAN}(R)$ 当且仅当 $I(R)$ 是传递的。

若存在一个解释 L 使得 $L \models F$, 则称术语公理 F 是可满足的, 且称 L 为 F 的一个模型。

定义 7. 称 L 满足知识库 KB , 记作 $L \models KB$, 当且仅当 L 满足 KB 中每一个术语公理, 如果存在一个解释 L 使得 $L \models KB$, 则称 KB 是可满足的, 并称 L 为 KB 的一个模型。

定义 8. 设 KB 为一个知识库, F 为一个术语公理, 称 KB 蕴涵 F , 记作 $KB \models F$, 当且仅当 KB 的每个模型也是 F 的模型。

4 非单调描述逻辑 N-SHOQ(D)

本节对描述逻辑 $\text{SHOQ}(D)$ 进行扩展, 提出了能够处理不完备知识的非单调描述逻辑 $\text{N-SHOQ}(D)$. 从语法上说 $\text{N-SHOQ}(D)$ 包含 $\text{SHOQ}(D)$ 为一个子集, 并将其作为 $\text{N-SHOQ}(D)$ 中的完备部分。

定义 9. $\text{N-SHOQ}(D)$ 中的完备概念包含公理、完备关系包含公理和完备传递公理在语法上等同于 $\text{SHOQ}(D)$ 中的包含公理、关系包含公理和传递公理, 并统称为完备术语公理。

定义 10. 完备知识库 KB 是一个完备术语公理的集合。

$\text{N-SHOQ}(D)$ 在语法上的特别之处体现在它的不完备部分。

定义 11. 设 C, D 为 $\text{SHOQ}(D)$ 中的概念, 称表达式 $C \subseteq^* D$ 为 $\text{N-SHOQ}(D)$ 中一个不完备概念包含公理. $\text{N-SHOQ}(D)$ 中的完备概念包含公理和不完备概念包含公理统称为非单调术语公理, 记为 N-F .

不完备概念包含公理“ $C \subseteq^* D$ ”的直观含义是概念 C 在通常情况下属于概念 D . 例如, 不完备知识“哺乳动物在通常情况下属于胎生动物”可写为“ $\text{mammals} \subseteq^* \text{viviparous-animals}$ ”。

类似于 $\text{SHOQ}(D)$ 的处理方法, $\text{N-SHOQ}(D)$ 对声明知识库和术语知识库不加以区分, 而是对二者进行统一处理。

定义 12. 不完备知识库 $I-KB$ 是一个不完备概念包含公理的集合。

定义 13. 非单调知识库 $N-KB$ 是一个二元组 $(KB, I-KB)$, 其中 KB 是一个完备知识库, $I-KB$ 是一个不完备知识库.

$N-SHOQ(D)$ 的语义是通过在 $SHOQ(D)$ 语义基础上增加 κ -分布而给出的. κ -分布的概念最早出现于文献 [10], 文献 [11] 将 κ -分布引入命题逻辑以刻画非单调推理, 文献 [12] 将这个想法推广到了谓词逻辑的情形, 本文则首次将 κ -分布引入了描述逻辑.

定义 14. 设 $L = (\Delta, I)$ 是一个 $SHOQ(D)$ 解释, L 上的一个 κ -分布是从 Δ 的所有子集到 $N \cup \{\infty\}$ 的一个映射, 满足: $\kappa(\Delta) = 0$; $\kappa(\emptyset) = \infty$; 若 A 为 Δ 的一个子集, 则 $\kappa(A) = \min\{\kappa(\omega) \mid \omega \in A\}$.

κ -分布度量了 Δ 的每个子集可能出现的机会, κ 值越小, 说明可能出现的机会越大.

定义 15. 非单调解释 $N-L$ 是一个二元组 (L, κ) , 其中 L 是一个 $SHOQ(D)$ 解释, κ 是 L 上一个 κ -分布.

定义 16. 设 $N-L = (L, \kappa)$ 是一个非单调解释, $N-F$ 是一个非单调术语公理, 则 $N-L \models N-F$ 的定义如下:

- ① $N-L \models C \subseteq D$ 当且仅当 $L \models C \subseteq D$;
- ② $N-L \models C \subseteq^* D$ 当且仅当 $\kappa(C) = \infty$, 或者 $\kappa(I(C \cap D)) < \kappa(I(C \cap \neg D))$.

若存在非单调解释 $N-L$ 使得 $N-L \models N-F$, 则称非单调术语公理 $N-F$ 是可满足的, 并称 $N-L$ 为 $N-F$ 的一个非单调模型.

直观上说, 非单调解释 $N-L$ 满足不完备概念包含公理 $C \subseteq^* D$, 当且仅当 $I(C \cap D)$ 比 $I(C \cap \neg D)$ 出现的机会更大.

定义 17. 称非单调解释 $N-L = (L, \kappa)$ 满足非单调知识库 $N-KB$, 记作 $N-L \models N-KB$, 当且仅当 $N-L$ 满足 $N-KB$ 中的每一个非单调术语公理. 如果存在一个非单调解释 $N-L$, 使得 $N-L \models N-KB$, 则称非单调知识库 $N-KB$ 是可满足的, 并称 L 是 $N-KB$ 的一个非单调模型.

$N-SHOQ(D)$ 中的蕴涵推理关系定义如下:

定义 18. 设 $N-KB$ 为一个非单调知识库, $N-F$ 为一个术语公理, 称 $N-KB$ 蕴涵 $N-F$, 记作 $N-KB \models N-F$, 当且仅当 $N-KB$ 的每个非单调模型也是 $N-F$ 的非单调模型.

例 1. 设有完备知识“安装起搏器的病人都是心脏病病人”;不完备知识“心脏病病人通常是高血压病人”;不完备知识“安装起搏器的病人通常不是高血

压病人”;即设

$N-KB = (KB, I-KB)$, 其中

$KB = \{pm_patient \subseteq h_patient\}$,

$I-KB = \{h_patient \subseteq^* \exists hb_pressure \{yes\}\}$;

$pm_patient \subseteq^* \exists hb_pressure \{no\}$.

则可以在 $N-SHOQ(D)$ 中推得: $N-KB$ 是可满足的且有 $pm_patient \subseteq^* \exists hb_pressure \{no\}$. 即安装起搏器的病人不是高血压病人.

具体论证如下. 试考虑如下解释, 设论域中包含 3 个元素甲、乙和丙, 甲安装了起搏器, 甲和乙都是心脏病病人, 而乙和丙是高血压病人, 甲的 κ 值为 1, 乙的 κ 值为 0. 容易验证该解释满足所有以上 3 条知识, 从而本例中 $N-KB$ 是可满足的. 另一方面, 根据定义, 易见 $N-KB$ 蕴涵 $pm_patient \subseteq^* \exists hb_pressure \{no\}$.

值得指出的是, 由于上述例子中包含了不完备知识, 因此在 $SHOQ(D)$ 中无法得到恰当地处理. 事实上, 如果采用 $SHOQ(D)$ 中的包含公理来表示上述知识, 则知识库变为不可满足的, 从而任何结论都可以从该知识库中推出, 这显然同直观认识不符.

5 $N-SHOQ(D)$ 所具有的性质

第 4 节给出了非单调描述逻辑 $N-SHOQ(D)$ 的语法、语义, 定义了 $N-SHOQ(D)$ 中的蕴涵推理关系, 本节进一步研究 $N-SHOQ(D)$ 所具有的性质. 首先, 给出了 KLM-DL 性质, KLM-DL 性质是针对对象知识领域对非单调推理领域中 KLM 性质^[13]的重新表述, 它适当地刻画了一个包含不完备知识的描述逻辑所应具有的推理模式, 而后, 证明了 $N-SHOQ(D)$ 满足 KLM-DL 性质.

在下面的定义中假定所考虑的背景逻辑是非单调描述逻辑 $N-SHOQ(D)$.

定义 19. KLM-DL 性质定义如下:

- ① 如果 $\varphi \subseteq \varphi'$, 且 $\varphi' \subseteq \varphi$, 则从 $N-KB \models \varphi \subseteq^* \psi$ 可推出 $N-KB \models \varphi' \subseteq^* \psi$;
- ② 如果 $\psi \subseteq \psi'$, 则从 $N-KB \models \varphi \subseteq^* \psi$ 可推出 $N-KB \models \varphi \subseteq^* \psi'$;
- ③ $N-KB \models \varphi \subseteq^* \varphi$;
- ④ 从 $N-KB \models \varphi \subseteq \psi_1$ 和 $N-KB \models \varphi \subseteq^* \psi_2$ 可推出 $N-KB \models \varphi \subseteq^* \psi_1 \cap \psi_2$;
- ⑤ 从 $N-KB \models \varphi_1 \subseteq \psi$ 和 $N-KB \models \varphi_2 \subseteq^* \psi$ 可推出 $N-KB \models \varphi_1 \cup \varphi_2 \subseteq^* \psi$;

⑥ 从 $N-KB \models \varphi \sqsubseteq^* \psi_1$ 和 $N-KB \models \varphi \sqsubseteq^* \psi_2$ 可推出 $N-KB \models \varphi \cap \psi_2 \sqsubseteq^* \psi_1$.

性质①体现了语法无关性,即从在语义上等价而仅在语法上相区别的两个概念出发可以得到相同的结论;性质②的含义是可以将完备公理和不将完备公理组合使用;性质③的含义是任何一个概念总是不完备地包含于自身;性质④、⑤分别描述了推理关系在合取和析取操作下的行为模式;性质⑥描述了推理关系的谨慎的单调性.

引理 1. 如果 $N-L = (L, \kappa)$ 是一个非单调解释, A, B 和 C 分别是 L 的论域中 3 个彼此不相交的子集,且 $\kappa(A \cup B) < \kappa(C)$, $\kappa(A \cup C) < \kappa(B)$, 则 $\kappa(A) < \kappa(B \cup C)$.

证明. 设 A, B, C 是 L 的论域中 3 个两两不相交的集合且 $\kappa(A \cup B) < \kappa(C)$, $\kappa(A \cup C) < \kappa(B)$, 则由于 $\kappa(A \cup B) = \min(\kappa(A), \kappa(B))$, 我们有 $\min(\kappa(A), \kappa(B)) < \kappa(C)$ 且 $\min(\kappa(A), \kappa(C)) < \kappa(C) < \kappa(B)$, 故 $\kappa(A) < \min(\kappa(B), \kappa(C)) = \kappa(B \cup C)$. 证毕.

定理 1. N-SHOQ(D) 满足 KLM-DL 性质.

证明. 按照 KLM-DL 性质的 6 条内容逐一证明如下.

① 如果 $\varphi \sqsubseteq \varphi'$ 且 $\varphi' \sqsubseteq \varphi$, 则根据定义我们有 $I(\varphi) = I(\varphi')$ 结论成立.

② 假设 $\psi \sqsubseteq \psi'$ 且 $N-L \models \varphi \sqsubseteq^* \psi$, 我们需要证明 $N-L \models \varphi \sqsubseteq^* \psi'$. 若 $\kappa(\varphi) = \infty$ 结论显然成立. 否则, 我们有 $\kappa(\varphi \cap \psi) < \kappa(\varphi \cap \psi')$, 由于 $\psi \sqsubseteq \psi'$, 故 $I(\psi) \sqsubseteq I(\psi')$, 于是有 $I(\varphi \cap \psi') \sqsubseteq I(\varphi \cap \psi)$ 且 $I(\varphi \cap \psi) \sqsubseteq I(\varphi \cap \psi')$, 从而 $\kappa(\varphi \cap \psi') < \kappa(\varphi \cap \psi')$, 即 $N-L \models \varphi \sqsubseteq^* \psi'$.

③ 根据定义, $I(\varphi \cap \varphi) = \emptyset$ 且 $\kappa(\emptyset) = \infty$, 故若 $\kappa(\varphi) < \infty$, 则我们有 $N-L \models \varphi \sqsubseteq \varphi$. 若 $\kappa(\varphi) = \infty$ 结论显然成立.

④ 假设 $N-L \models \varphi \sqsubseteq \psi_1$ 且 $N-L \models \varphi \sqsubseteq \psi_2$. 若 $\kappa(\varphi) = \infty$ 结论显然成立, 故假设 $\kappa(\varphi) < \infty$. 令 $A = I(\varphi)$, $B_1 = I(\psi_1)$, $B_2 = I(\psi_2)$, 由于 $N-L \models \varphi \sqsubseteq \psi_1$ 且 $N-L \models \varphi \sqsubseteq \psi_2$, 我们有 $\kappa(A \cap B_1) < \kappa(A \cap B_1)$ 及 $\kappa(A \cap B_2) < \kappa(A \cap B_2)$, 于是 $\kappa(A \cap (B_1 \cap B_2)) < \kappa(A \cap (B_1 \cap B_2))$, 从而 $N-L \models \varphi \sqsubseteq \psi_1 \wedge \psi_2$.

⑤ 假设 $N-L \models \varphi_1 \sqsubseteq \psi$ 且 $N-L \models \varphi_2 \sqsubseteq \psi$, 如果 $\kappa(\varphi_1) = \kappa(\varphi_2) = \infty$, 则 $\kappa(\varphi_1 \cup \varphi_2) = \infty$, 结论显然成立, 故假设 $\kappa(\varphi_1) < \infty$. 令 $A = I((\varphi_1 \cup \varphi_2) \cap \psi)$, $B = I(\varphi_1 \cap \psi)$, $C = I(\varphi_2 \cap \varphi_1 \cap \psi)$, 为证明

$N-L \models \varphi_1 \vee \varphi_2 \sqsubseteq^* \psi$, 只需证明 $\kappa(A) < \kappa(B \cup C)$. 由于 $N-L \models \varphi_1 \sqsubseteq \psi$, 我们有 $\kappa(A) \leq \kappa(I(\varphi_2 \cap \psi)) < \kappa(B)$. 如果 $\kappa(I(\varphi_2)) = \infty$ 则 $\kappa(I(C)) = \infty$, 故 $\kappa(A) < \kappa(C)$. 另一方面, 如果 $\kappa(I(\varphi_2)) < \infty$, 则由于 $N-L \models \varphi_2 \sqsubseteq \psi$, 故有 $\kappa(A) \leq \kappa(I(\varphi_2 \cap \psi)) < \kappa(I(\varphi_2 \cap \psi)) < \kappa(C)$, 由引理 1, $\kappa(A) < \kappa(B)$, $\kappa(A) < \kappa(C)$, 故 $\kappa(A) < \kappa(B \cup C)$. 从而 $N-L \models \varphi_1 \cup \varphi_2 \sqsubseteq^* \psi$.

⑥ 假设 $N-L \models \varphi \sqsubseteq^* \psi_1$ 且 $N-L \models \varphi \sqsubseteq^* \psi_2$, 若 $\kappa(\varphi \cap \psi_1) = \infty$ 结论显然成立, 故假设 $\kappa(\varphi) < \infty$. 令 $A = I(\varphi)$, $B_1 = I(\psi_1)$, $B_2 = I(\psi_2)$, 则我们有 $\kappa(A \cap B_1 \cap B_2) < \kappa(A \cap (B_1 \cup B_2))$, 由于 $A \cap B_1 \cap B_2 \sqsubseteq A \cap (B_1 \cap B_2)$, 故有 $\kappa(A \cap B_1 \cap B_2) < \kappa(A \cap B_1 \cap B_2)$, 即 $N-L \models \varphi \wedge \psi_2 \sqsubseteq \psi$.

综上, 定理得证.

6 结 语

描述逻辑 SHOQ(D) 给出了 DAML+OIL 语言的语义, 但 SHOQ(D) 不能处理在领域知识中经常出现的不完备知识. 本文对描述逻辑 SHOQ(D) 进行扩展, 提出了能够处理不完备知识的非单调描述逻辑 N-SHOQ(D). 给出了 N-SHOQ(D) 的语法和语义, 定义了 N-SHOQ(D) 中的蕴涵推理关系, 研究了 N-SHOQ(D) 所具有的性质. N-SHOQ(D) 为扩展 DAML+OIL 语言到能处理不完备知识的情形提供了语义支持. 在 N-SHOQ(D) 基础上, 可以很容易地在 DAML+OIL 语言中扩展相应的语法成分以刻画包含不完备知识的本体.

为具体实现对包含不完备知识的本体的推理, 有必要研究能判定 N-SHOQ(D) 中知识库可满足性及实现 N-SHOQ(D) 中蕴涵推理关系的算法, 这将是我们的下一步要进行的工作.

参 考 文 献

- 1 I. Horrocks. DAML+OIL: A description logic for the semantic web. IEEE Bull of the Technical Committee on Data Engineering, 2002, 25(1): 4~9
- 2 I. Horrocks. DAML+OIL: A reasonable web ontology language. In: Proc. EDBT 2002, Lecture Notes in Computer Science 2287. Berlin: Springer, 2002. 2~13
- 3 J. Hendler, D. McGuinness. The DARPA agent markup language. IEEE Intelligent Systems, 2000, 15(6): 67~73
- 4 D. Fensel, F. Harmelen, I. Horrocks, et al. OIL: An ontology

infrastructure for the semantic web. IEEE Intelligent Systems , 2001 , 16(2) : 38 ~ 44

5 F. Baader , B. Hollunder. Embedding defaults into terminological representation systems. J. Automated Reasoning , 1995 , 14(1) : 149 ~ 180

6 F. Baader , B. Hollunder. How to prefer more specific defaults in terminological default logic. In : Proc. International Joint Conf. Artificial Intelligence. San Francisco , CA : Morgan Kaufmann , 1993. 669 ~ 674

7 R. Reiter. A logic for default reasoning. Artificial Intelligence , 1980 , 13(1) : 81 ~ 132

8 M. Schmidt-Schau , G. Smolka. Attributive concept descriptions with complements. Artificial Intelligence , 1991 , 48(1) : 1 ~ 26

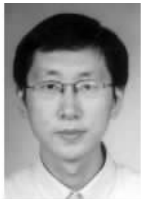
9 R. Giugno , T. Lukasiewicz. P-SHOQ(D) : A probabilistic extension of SHOQ(D) for probabilistic ontologies in the semantic web. Institute for Information System , Technische Wien University. Tech. Rep. : RR-1843-02-06 , 2002

10 E. Adams. The Logic of Conditionals. Dordrecht , Netherlands : D. Reidel , 1975

11 J. Pearl. System Z : A natural ordering of defaults with tractable applications to nonmonotonic reasoning. In : Theoretical Aspects of Reasoning about Knowledge(TARK-III). San Francisco : Morgan Kaufmann , 1990. 121 ~ 135

12 J. Halpern , D. Koller. Conditional first-order logic revisited. ACM Trans. Computational Logic , 2000 , 1(1) : 175 ~ 207

13 S. Kraus , D. Lehmann , M. Magidor. Nonmonotonic reasoning , preferential models and cumulative logics. Artificial Intelligence , 1990 , 44(2) : 167 ~ 207



Wang Songxin , born in 1973. Received his Ph. D. degree in computer software from Jilin University in 2002. He is currently an associate professor at the Department of Computer Science and Technology of Shanghai University of Finance & Economics. His research interests include

artificial intelligence and semantic Web.

王淞昕 , 1973 年生 , 博士 , 副教授 , 主要研究方向为人工智能、语义 Web.

Research Background

The development of the semantic web , a vision for a future generation of the World Wide Web , aims at making web sources more easily accessible to automated processing by annotating web pages with machine readable information on their content. In the semantic web , Ontologies are playing a central role in the development of the semantic web , as they provide precise definitions of shared terms in web resources. One important web ontology language is DAML + OIL , it has a formal semantics and a reasoning support through a mapping to the expressive description logic SHOQ(D) with the addition of inverse roles. One shortcoming of the SHOQ(D) is that the incomplete knowledge frequently emerging in practice cannot be expressed by SHOQ(D). In this paper , we present a nonmonotonic extension of the SHOQ(D) , called N-SHOQ(D) , to allow for dealing with incomplete knowledge in the semantic web. We define the syntax and semantic of N-SHOQ(D) and study its properties in detail. The N-SHOQ(D) forms a formal underpinning for the nonmonotonic extension of the DAML + OIL language. This work is supported by the National Natural Science Foundation of China(60373019 , 60303009)



Wang Fei , born in 1975. Received her Ph. D. degree in computer software from Jilin University in 2001. She is currently a associate professor at the Department of Computer Science and Engineering , Fudan University. Her research interests lie in bioinformatics and data mining.

王飞 , 1975 年生 , 博士 , 副教授 , 主要研究方向为生物信息学和数据挖掘.



Zhou Shuigeng , born in 1966. Received his Ph. D. degree in computer software from Fudan University in 2000. He is currently a professor at the Department of Computer Science and Engineering of Fudan University. His research interests include

information retrieval and text mining , spatial database and P2P computer systems.

周水庚 , 1966 年生 , 博士 , 教授 , 主要研究方向为信息检索、文本挖掘、空间数据库和 P2P 系统.



Zhou Aoying , born in 1965. Received his Ph. D. degree in computer software from Fudan University in 1993. He is currently a professor at the Department of Computer Science and Engineering of Fudan University. His research interests include

Web data management and data mining , streaming data analysis and processing , and P2P computer systems.

周傲英 , 1965 年生 , 博士 , 教授 , 博士生导师 , 主要研究方向为 Web 数据处理、数据挖掘、流数据分析和处理以及 P2P 系统.