

基于缺省逻辑的本体研究

李志平¹, 孙 瑜²

LI Zhi-ping¹, SUN Yu²

1. 云南师范大学 现代教育技术中心, 昆明 650092

2. 云南师范大学 计算机科学与信息技术学院, 昆明 650092

1. Center of Modern Education Technology, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China

2. Institute of Computer Science and Information Technology, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China

E-mail: sunyu_km@hotmail.com

LI Zhi-ping, SUN Yu. Research of ontology description languages with value restrictions. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(30): 42-44.

Abstract: Ontologies and inheritance nets are similar in some aspects and based on methods of translating inheritance nets to default logic, the default theories of ontologies are given. An ontology includes a set of concepts and constraints imposing on these concepts. The statements in ontologies are translated to facts of default theories of the ontologies and the default inheritance of properties are represented by normal defaults with a priority order on them due to the intuition that subclasses overriding super-classes. After giving the definition and deduction rules of ontologies, the default theories of ontologies are proposed and their features are discussed.

Key words: ontology; default logic; priority order; knowledge representation

摘 要: 基于人们对可继承系统的缺省理论的研究, 以及本体与可继承系统的相似性, 对本体的缺省理论进行研究。本体包括一组概念和性质; 概念之间的从属关系以及概念和性质之间的继承和缺省继承关系。在本体的缺省理论中, 本体中所有的断言被表示为事实; 并且性质从概念到其子概念的缺省继承被表示为正规缺省。在给出本体的定义和推理规则后, 对本体的缺省理论及其特性进行了深入地研究。

关键词: 本体; 缺省逻辑; 优先序; 知识表示

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.30.014 文章编号: 1002-8331(2009)30-0042-03 文献标识码: A 中图分类号: TP18

1 引言

本体在知识共享和重用中有着重要的作用^[1]。目前, 人们普遍采用的本体的定义(也是该文所采用的定义)是 Gruber^[2]提出的: 本体是一个概念化的明确说明(an explicit specification of a conceptualization)。

在该文中, 本体包括一组概念和性质; 概念之间的从属(subsumption)关系; 概念和性质之间的继承(inheritance)关系; 以及缺省(default)继承关系。本体具有 McGuinness^[3]所指出的一个简单本体应有的所有特性: 有限的受控的词汇, 对类和术语关系的无歧异的解释, 以及类之间的严格分层结构。在给出了本体的定义和推理规则的继承上, 对本体的缺省理论及其特性进行了研究。将本体中所有的断言转换为本体的缺省理论中的事实, 并且将性质从概念到其子概念的缺省继承表示为本体的缺省理论中正规缺省。与可继承性系统^[4]类似, 在缺省中根据子概念覆盖超概念的原则定义了一个优先序以解决缺省继承过程中出现的冲突。在将本体表示为缺省理论后, 对该缺省理论的

特性进行了分析并且得出: 对一个在概念之间的从属关系上具有树型结构的本体, 如果该本体是协调的, 那么它有唯一扩展。用 C, D, \dots 表示本体中的概念; φ, ψ, \dots 表示本体中的性质。

2 本体

在本章中, 首先给出本体的定义, 然后讨论本体中的推理规则。

定义 1 一个本体 $O=(U, isa, \Rightarrow, \Rightarrow_d, \Phi)$, 其中:

(1) U 是概念和性质的集合;

(2) isa 是 U 中的概念上的二元关系。假定 isa 是偏序;

(3) \Rightarrow 和 \Rightarrow_d 是 U 上的概念和性质之间的继承关系和缺省继承关系; 以及

(4) Φ 是形为 $C isa D \mid \neg(C isa D) \mid C \Rightarrow \varphi \mid C \Rightarrow_d \varphi \mid \neg(C \Rightarrow_d \varphi)$ 的断言的集合, 其中 $C, D, \varphi \in U$, 并且 isa, \Rightarrow 和 \Rightarrow_d 分别是概念之间以及概念与性质之间的关系。

假定概念 C 具有性质 φ , 记为 $C \Rightarrow \varphi$, 说的是 C 的每一个子

基金项目: 云南省自然科学基金(the Natural Science Foundation of Yunnan Province of China under Grant No.2004F0017Q, No.2005F0022Q); 云南省教育厅重点基金(the Key Project Foundation of the Education Bureau of Yunnan Province under Grant No.07Z10661)。

作者简介: 李志平(1972-), 男, 副教授, 主要研究领域: 人工智能、网络工程; 孙瑜(1974-), 女, 博士学位, 教授, 主要研究领域: 智能信息处理。

收稿日期: 2008-06-12 **修回日期:** 2008-09-05

概念都具有性质 φ ; C 缺省地具有性质 φ , 记为 $C \Rightarrow_d \varphi$, 说的是缺省情况下, C 的每一个子概念都具有性质 φ , 即, φ 是 C 的缺省性质; 并且 $C \text{ isa } D$ 表示 C 是 D 的子概念(等价地, D 是 C 的超概念), 它说的是对任意性质 φ , 如果 D 具有性质 φ , 那么 C 具有性质 φ 。例如: 狗 isa 动物表示“狗是一种动物”; 鸟 \Rightarrow_d 有两条腿表示“鸟有两条腿”; 车 \Rightarrow_d 有四个轮子表示“缺省情况下, 车有四个轮子”。

对多重继承, 为了方便讨论, 假定本体中所有的概念在 isa 关系上形式一个树型结构, 即, 如果 C 有两个超概念 D 和 F 那么 $D=F$ 或者 D 和 F 之间有 isa 关系。

在本体中, 一个概念的性质将被继承到其子概念作为它的性质; 并且这个概念的缺省性质将被继承到其子概念作为它的缺省性质, 除非缺省性质的继承会导致矛盾。例如: 从鸵鸟 isa 鸟, 鸟 \Rightarrow_d 有两条腿, 以及鸟 \Rightarrow_d 会飞, 可以得到鸵鸟 \Rightarrow_d 有两条腿和鸵鸟 \Rightarrow_d 会飞; 然而, 如果知道鸵鸟 \Rightarrow_d 不会飞, 那么不能得出鸵鸟 \Rightarrow_d 会飞, 因为鸵鸟 \Rightarrow_d 会飞与鸵鸟 \Rightarrow_d 不会飞是矛盾的。

由于一个概念可以从多个超类上继承缺省性质, 因此, 在多重继承中可能会出现冲突。例如: 从拖兜车 isa 卡车, 卡车 isa 车, 车 \Rightarrow_d 有四个轮子, 以及卡车 \Rightarrow_d 有六个轮子。此时, 即可以得到拖兜车 \Rightarrow_d 有四个轮子(拖兜车是车)或者拖兜车 \Rightarrow_d 有六个轮子(拖兜车是卡车); 然而, 这两个关于拖兜车的缺省性质是相互矛盾的。在这种情况下, 根据子概念覆盖超概念的原则, 假定一个概念继承在 isa 关系上离它最近的超类的缺省性质。于是, 在上面的例子中, 得出拖兜车 \Rightarrow_d 有六个轮子。形式地说, 如果 $C \text{ isa } D, C \text{ isa } F, D \text{ isa } F, D \Rightarrow_d \varphi$ 和 $F \Rightarrow_d \psi$, 那么得出 $C \Rightarrow_d \varphi$, 其中 φ 和 ψ 是矛盾的。

基于上述讨论, 给出本体的推理规则。推理规则包括: 继承规则、缺省继承规则、传递规则、弱化规则和反向规则。

继承规则形为 $\frac{C \text{ isa } D, D \Rightarrow_d \varphi}{C \Rightarrow_d \varphi}$, 它说的是如果 $C \text{ isa } D, D \Rightarrow_d \varphi$ 可证, 那么推出 $C \Rightarrow_d \varphi$; 缺省继承规则形为 $\frac{C \text{ isa } D, D \Rightarrow_d \varphi}{C \Rightarrow_d \varphi}$,

它说的是如果 $C \text{ isa } D, D \Rightarrow_d \varphi$ 可证, 并且假定 $C \Rightarrow_d \varphi$ 是协调(无矛盾)的, 那么推出 $C \Rightarrow_d \varphi$; 传递规则形为 $\frac{C \text{ isa } D, D \text{ isa } F}{C \text{ isa } F}$,

它说的是如果 $C \text{ isa } D, D \text{ isa } F$ 可证, 那么推出 $C \text{ isa } F$; 以及弱化规则形为 $\frac{C \Rightarrow_d \varphi}{C \Rightarrow_d \varphi}$, 它说的是如果 $C \Rightarrow_d \varphi$ 可证, 那么推出 $C \Rightarrow_d \varphi$;

以及反向规则形如: $\frac{C \Rightarrow_d \varphi}{\neg(C \Rightarrow_d \psi)}$ 和 $\frac{C \Rightarrow_d \varphi}{\neg(C \Rightarrow_d \psi)}$, 它们说的是如果 $C \Rightarrow_d \varphi$ 可证, 那么推出 $\neg(C \Rightarrow_d \psi)$; 以及如果 $C \Rightarrow_d \varphi$ 可证, 那么推出 $\neg(C \Rightarrow_d \psi)$; 其中 φ 和 ψ 是矛盾的。

可以用推理规则来推导出本体中没有明确陈述的断言。对缺省性质的继承, 为了避免多重继承所可能导致的冲突, 根据子概念覆盖超概念的基本原则, 在缺省继承规则中引入优先序 $<$ 。

换句话说, 给定两个缺省继承规则 $\delta = \frac{C \text{ isa } D, D \Rightarrow_d \varphi}{C \Rightarrow_d \varphi}$ 和 $\delta' =$

$\frac{C \text{ isa } F, F \Rightarrow_d \psi}{C \Rightarrow_d \psi}$ 如果 $D \text{ isa } F$ 可证, 那么 $\delta < \delta'$ (表示 δ 的优先序比 δ' 高); 否则 $\delta' < \delta$, 其中 φ 和 ψ 是矛盾的。

对本体中的一组断言和由本体所推导出的一组断言的协调性, 有如下的命题:

命题 1 一组断言 M 是协调的当且仅当不存在概念 C, D 和性质 φ, ψ ; 使得

$$(1) C \text{ isa } D, \neg(C \text{ isa } D) \in Th(M);$$

$$(2) C \Rightarrow_d \varphi, \neg(C \Rightarrow_d \varphi) \in Th(M);$$

$$(3) C \Rightarrow_d \varphi, \neg(C \Rightarrow_d \varphi) \in Th(M);$$

$$(4) C \Rightarrow_d \varphi, \neg(C \Rightarrow_d \varphi) \in Th(M);$$

$$(5) C \Rightarrow_d \varphi, C \Rightarrow_d \psi \in Th(M);$$

$$(6) C \Rightarrow_d \varphi, C \Rightarrow_d \psi \in Th(M);$$

$$(7) C \Rightarrow_d \varphi, C \Rightarrow_d \psi \in Th(M);$$

其中 φ 和 ψ 是矛盾的, 并且 $Th(M)$ 是 M 的逻辑闭包, 即, 通过推理规则从 M 推出的所有的断言的集合。

称本体 O 是协调的当且仅当 Φ 是协调的。

定义 2 一个断言 θ 是本体 O 的一个定理, 当且仅当 θ 能够通过使用推理规则从 O 中推导出来。

定义 3 一个本体 O 在概念间的从属关系 isa 上是树型结构当且仅当不存在概念 $C, D, F \in U$ 使得 $D \neq F, \neg(D \text{ isa } F), \neg(F \text{ isa } D), C \text{ isa } D$ 并且 $C \text{ isa } F$ 。

3 本体的缺省理论

在本章中, 首先介绍缺省逻辑, 然后给出本体的缺省理论, 以及可继承系统的缺省理论; 然后对其特性进行分析。

缺省逻辑是由 Reiter^[5-6]提出的用来进行非单调推理的最著名的形式系统之一。它最显著的特性是缺省推理得出了可信的结论, 而不是不可废止的结论(如经典逻辑中的结论)。给定一阶语言 L , 缺省 δ 是形为 $\frac{p:q}{r}$ 的表达式, 其中 p, q 和 r 是 L

中的公式, 被称为该缺省的前提(prerequisite), 验证条件(justification)和结论(consequence)。 δ 的直观解释是如果 p 可证, 并且假定 q 是协调的, 那么推出 r 。一个缺省理论是二元组 (W, D) , 其中 W 是 L 中的句子(封闭公式)的集合, 被称为事实, 并且 D 是缺省的集合。一个扩展是最大协调的从一个缺省理论中得出的结论的集合。称一个缺省 δ 为正规缺省, 如果 $q=r$; 以及如果 D 中所有的缺省都是正规缺省, 那么 (W, D) 是一个正规缺省理论。在缺省理论中, 人们通常需要对缺省进行排序。称 $(W, D, <)$ 为带优先序的缺省理论, 其中 $<$ 是定义在 D 中的缺省上的优先序。如果 D 是正规缺省的集合, 那么 $(W, D, <)$ 是带优先序的正规缺省理论^[7], 其扩展具有以下两个特性:

命题 2 带优先序的正规缺省理论 $(W, D, <)$ 至少有一个扩展。

命题 3 设 E, E' 为带优先序的正规缺省理论 $(W, D, <)$ 的两个扩展, 如果 $E \neq E'$, 那么 $E \cup E'$ 是不协调的。

对上面两个命题的证明, 参见文献[5]。

由于本体中有描述概念和性质之间的关联的缺省继承关系, 因此, 对本体的缺省理论以及该理论所具有的特性。在可继承系统^[4]中, 学者们已经进行了类似的研究^[8-10]。Etherington 和 Reiter^[8]将带例外的可继承性网络转换成缺省逻辑, 其中严格继承(strict links)转换成事实(facts), 并且将带例外缺省继承(defeasible links)转换为半正规缺省。与 Etherington and Reiter 的方法不同, 在文献[9]中, 性质间所有的继承都被表示成正规缺省; 个体和性质之间的继承被表示为事实。同时, 在缺省之间定义一个优先序来决定最优的推理路径。在文献[10]中, 所有的继承都是缺省的, 并且都被表示成可继承系统的缺省理论中的事实。缺省是表示性质和个体之间关系的封闭世界假设。

接着, 给出本体的缺省理论。将本体中所有的断言转换为本体的缺省理论中的事实, 并且将缺省性质从概念到其子概念的缺省继承表示为正规缺省。

定义 4 给定一个本体 O , 称带优先序的正规缺省理论 $(W,$

$D, <$)为本体 O 的缺省理论, 如果

(1) $W = \Phi$;

(2) $D = \{ \frac{C \text{ isa } D, D \Rightarrow_d \varphi}{C \Rightarrow_d \varphi} \mid C, D, \varphi \in U, D \Rightarrow_d \varphi \in \Phi \}$;

(3) $<$ 是 D 中的缺省上的优先序, 它满足对任意两个缺省

$\delta = \frac{C \text{ isa } D, D \Rightarrow_d \varphi}{C \Rightarrow_d \varphi}$ 和 $\delta' = \frac{C \text{ isa } F, F \Rightarrow_d \psi}{C \Rightarrow_d \psi}$, 如果 $D \text{ isa } F$ 可证, 那

么 $\delta < \delta'$; 否则 $\delta' < \delta$, 其中 φ 和 ψ 是矛盾的。

设 $Th^+(W)$ 是 W 的一阶逻辑闭包, 即, 从 W 中通过使用除了缺省继承规则之外的所有推理规则所得到的断言的集合。称 $Th^+(W)$ 协调的当且仅当不存在概念 C, D 和性质 φ, ψ ; 使得 (1) $C \text{ isa } D, \neg(C \text{ isa } D) \in Th^+(W)$; (2) $C \Rightarrow \varphi, \neg(C \Rightarrow \varphi) \in Th^+(W)$; (3) $C \Rightarrow_d \varphi, \neg(C \Rightarrow_d \varphi) \in Th^+(W)$; (4) $C \Rightarrow \varphi, \neg(C \Rightarrow_d \varphi) \in Th(M); \in Th^+(W)$; (5) $C \Rightarrow \varphi, C \Rightarrow_d \psi \in Th^+(W)$; (6) $C \Rightarrow_d \varphi, C \Rightarrow_d \psi \in Th^+(W)$; (7) $C \Rightarrow \varphi, C \Rightarrow_d \psi \in Th^+(W)$, 其中 φ 和 ψ 是矛盾的。

根据上面的命题 2 和命题 3, 可以得出如下定理:

定理 1 给定一个本体 O , 如果 O 在 isa 关系下是树型结构, 并且 $Th^+(W)$ 是协调的, 那么本体 O 的缺省理论 $(W, D, <)$ 有唯一扩展。

从定义 2, 定义 3 和定理 1, 有如下命题:

命题 4 给定一个本体 O , 如果 O 在 isa 关系下是树型结构, 并且 $Th^+(W)$ 是协调的, 那么 $E = Th(W)$, 其中 E 是 O 的缺省理论 $(W, D, <)$ 的唯一扩展。

从定理 1 和本体 O 的协调性定义, 可得下面的命题:

命题 5 给定一个本体 O , 如果 O 在 isa 关系下是树型结构, 那么 O 是协调的当且仅当 O 的缺省理论 $(W, D, <)$ 有唯一扩展。

4 结论

在给出了本体及其推理规则的基础上, 对本体的缺省理论进行了研究。将本体中所有的断言转换为本体缺省理论中的事实, 并且如果 $C, D, \varphi \in U, D \Rightarrow_d \varphi \in O$, 那么 $\frac{C \text{ isa } D, D \Rightarrow_d \varphi}{C \Rightarrow_d \varphi}$ 本体

的缺省理论中的正规缺省。给定一个本体 O , 如果 O 在 isa 关系下是树型结构, 并且 $Th^+(W)$ 是协调的, 那么本体 O 的缺省理论 $(W, D, <)$ 有唯一扩展。

进一步研究工作包括: 对概念和性质的结构进行分解 (例如, 引入性质的否定 $\neg \varphi$ 和概念的否定 $\neg C$ 等); 基于缺省逻辑对本体的特性进行进一步的研究以及本体的缺省理论的修正等。

参考文献:

- [1] Guarino N, Welty C. Ontological analysis of taxonomic relationship[C]// Proc of International Conference on Conceptual Modelling, 2000: 210-224.
- [2] Gruber T R. A translation approach to portable ontology specifications[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199-220.
- [3] McGuinness D. Ontologies come of age[M]// Fensel D. The Semantic Web: Why, What, and How. [S.l.]: MIT Press, 2002.
- [4] Touretzky D S. The mathematics of inheritance systems[M]. Pitman, London: Morgan Kaufmann, 1986.
- [5] Besnard P. An introduction to default logic[M]// Berlin: Springer-Verlag, 1989.
- [6] Reiter R A. Logic for default reasoning [J]. Artificial Intelligence, 1980, 13: 81-132.
- [7] Antoniou G. Priorities in default logic revisited[C]// Proc of 4th Congress of the Italian Association for Artificial Intelligence, Springer, 1995: 152-162.
- [8] Etherington D, Reiter R. On inheritance hierarchies with exception[C]// Proc of AAAI-83. Los Altos, CA: William Kaufman, 1983: 104-108.
- [9] Touretzky D. Implicit ordering of defaults in inheritance systems[M]// Readings in Nonmonotonic Reasoning. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann, 1987: 106-109.
- [10] Ingrid N. Translating inheritance nets to default logic [EB/OL]. (1994). <http://www.uhka.uni-karlsruhe.de/cgi-bin/psgunzip/ira/1994/25/25.pdf>.

(上接 41 页)

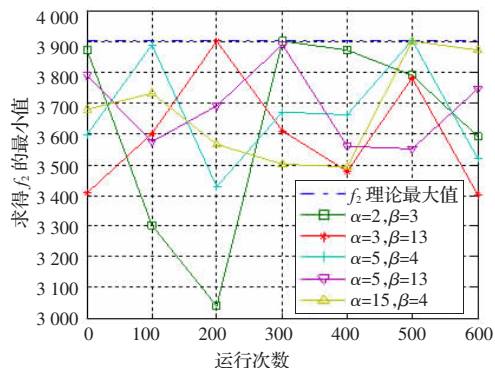


图 2 $f_2(x)$ 测试程序不同参数设置的情况下 600 次运行的结果

性虽然得到了加强, 但收敛速度减慢; 反之, 如果蚂蚁的数目太少, 搜索的随机性减弱, 虽然收敛速度加快, 但会使算法的全局收敛性能降低, 容易出现过早停滞现象。因此, 对于求解一般函数优化, 取 $50 \leq m \leq 60$ 。

对于启发因子的选择, 由于求解函数优化的搜索过程具有特殊性 (同蚁群的实际行为不同), 启发因子对算法性能的影响不是十分的显著 (同 TSP 对比), 同时考虑到 α, β 在转移概率

公式中作为指数出现。因此, 对于求解一般函数优化, 取 $2 \leq \alpha \leq 10, 2 \leq \beta \leq 10$, 算法效果比较理想。

参考文献:

- [1] Colomi A, Dorigo M, Maniezzo V. An investigation of some properties of an ant algorithm[C]// Proc of the Parallel Problem Solving from Nature Conference (PPSN '92). Brussels, Belgium: Elsevier Publishing, 1992: 509-520.
- [2] 张纪会, 徐心和. 具有变异特征的蚁群算法[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(10): 1240-1245.
- [3] 马良, 项培军. 蚂蚁算法在组合优化中的应用[J]. 管理科学学报, 2001, 4(2): 32-37.
- [4] 彭喜元, 彭宇, 戴毓丰. 群智能理论及应用[J]. 电子学报, 2003, 31(12A): 1982-1988.
- [5] Minsky M L. Form and content in computer science[J]. Journal of the Association for Computing Machinery, 1970, 17(2).
- [6] 杜呈欣, 陈小强, 熊伟清. 用于求解函数优化的蚁群算法设计[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(25): 57-59.
- [7] 米凯利维茨 Z. 演化程序——遗传算法和数据编码的结合[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 257-259.
- [8] 林振荣. 一种基因与蚁群的融合算法研究[J]. 微计算机信息, 2007, 23(36): 176-177.