

## 一种基于缺省规则的推理算法

张 彪<sup>1</sup>, 文坤梅<sup>2</sup>, 许家伟<sup>3</sup>

(1 武汉纺织大学 机电学院, 湖北 武汉 430073; 2 华中科技大学 计算机学院, 湖北 武汉 430074;

3 湖北省水利厅, 湖北 武汉 430071)

**摘 要:** 提出了一种将特定缺省规则转换成描述逻辑 Abox 实例的推理算法, 该算法针对特定缺省规则的改变通常不影响 Tbox 的情况, 将缺省规则映射成为 Abox 中实例的变化, 简化了推理过程, 同时保持描述逻辑推理的可判定性, 具有较好的可行性, 并通过推理实例验证了该算法的有效性.

**关键词:** 描述逻辑; 缺省规则; 推理算法

**中图分类号:** TP311

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7180(2011)03-0111-04

## A Reasoning Algorithm Based on Default Rules

ZHANG Biao, WEN Kun-mei, XU Jia-wei

(1 School of Electrical and Mechanical Engineering, Wuhan Textile University, Wuhan 430074, China;

2 School of Computer Science and Technology, Huazhong Univ. of Sci. and Tech., Wuhan 430074, China;

3 Hubei Provincial Department of Water Resources, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** A reasoning algorithm which transfers special default rules into instances in Abox is proposed. The algorithm is designed based on the case that the change of special default rules cannot affect Tbox. So the change can be mapped into the change of Abox. It can simply the inference process, at the same time the determination is not changed. The algorithm has good feasibility. Finally a reasoning example is shown to validate the effectivity of the algorithm.

**Key words:** description logic; default rules; reasoning algorithm

### 1 引言

基于描述逻辑的推理系统在表达能力和效率方面仍存在较大的局限性, 加入基于规则的推理机制可增强推理系统的表达能力, 使得系统可以处理 SWRL<sup>[1]</sup> 等基于规则的推理语言, 同时保持推理的可行性. 目前较为可行的一种解决方法是将 DL 逻辑系统与基于规则的逻辑系统组合形成混和逻辑系统 (Hybrid Logic System)<sup>[2]</sup>. 描述 Horn 逻辑 (Description Horn Logic, DHL)<sup>[3]</sup> 定义了描述逻辑和 Horn 逻辑 (Horn Logic) 程序的一个公共子集. 逻辑程序 (Logic Program, LP)<sup>[4]</sup> 是计算机科学和人工智能研究的一个重要领域. McCarthy 早在 1958 就

提出用基于逻辑的语言来表达知识<sup>[5]</sup>.

在知识库中, 缺省信息可用于推理. 添加规则后的推理是较为复杂的问题, 文中讨论较为常用的一种情况. 假定缺省规则的改变不会引起 Tbox 的改变, 只引起 Abox 中实例的改变, 文中提出一种推理算法, 将规则转换成描述逻辑中的实例.

### 2 规则定义

**定义 1** 一般缺省规则的表达式形如 consequent  $\leftarrow$  antecedent, 这里 antecedent 表示了规则的前提, consequent 代表了规则的结论.

**定义 2** 特定缺省规则是形如  $B(x) \leftarrow A(x)$  的表达式, 这里 A 和 B 是概念名, x 是变量.  $A(x)$  被称

为缺省的前提,  $B(x)$  被称为缺省的结论. 当规则中的变量被常量化时称这个规则是闭合的.

**定义 3** 知识库是一个三元组  $\langle T, A, R \rangle$ , 这里  $T$  表示  $Tbox$ ,  $A$  表示  $Abox$ ,  $R$  表示缺省规则集合.

**定义 4** 知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$  在特定缺省规则  $R$  的作用下,  $A$  将扩展为  $A'$ , 扩展后的知识库为完全知识库  $\Sigma' = \langle T, A', R \rangle$ , 在特定缺省规则作用之后, 发生变化的是实例库  $Abox$ .

**定义 5** 知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$ ,  $I$  是出现在  $A$  中的个体集合. 在知识库  $\Sigma$  中缺省规则从  $I$  中实例化的集合记为  $R_I$ .  $R_I$  被定义为用  $I$  实例化规则中的所有实例得到的规则集合.

**定义 6** 对知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$ , 在  $R_I$  中一个闭合的规则  $B(i) \leftarrow A(i)$  ( $i$  是一实例) 是成立的, 当且仅当对  $\Sigma$  的所有模型  $\epsilon$ , 都有  $\epsilon[i] \in \epsilon[A]$  且  $\epsilon[i] \in \epsilon[B]$ . 同时,  $B(i) \leftarrow A(i)$  是不成立的, 当且仅当对  $\Sigma$  的所有模型  $\epsilon$ , 都有  $\epsilon[i] \in \epsilon[A]$  且  $\epsilon[i] \notin \epsilon[B]$ .

在缺省规则集中, 可能出现有多条规则可供选择的情况, 如何选择最优的规则作为被激活的规则? 一般来说, 更趋向于选择规则  $B(x) \leftarrow A(x)$  相对于规则  $D(x) \leftarrow C(x)$ , 如果满足  $A \in C$  或者  $C \leftarrow A$ . 为此, 先给出相关路径的定义:

**定义 7** 对概念序列  $G_1, \dots, G_n$ , 个体  $i$ , 知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$ , 称概念  $G_1$  和  $G_n$  之间存在一条相关路径, 若满足:

(1) 对  $\Sigma$  的所有模型  $\epsilon$  且  $j = 1, \dots, n$ ,  $\epsilon[i] \in \epsilon[G_j]$ ;

(2) 对  $j = 1, \dots, n-1$ ,  $G_{j+1} \leftarrow G_j$  或者在知识库中存在缺省规则  $G_{j+1}(x) \leftarrow G_j(x)$ .

**定义 8** 知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$  中, 若概念  $A$  和  $C$  之间存在一条相关路径, 则缺省规则  $B(i) \leftarrow A(i)$  优先级高于  $D(i) \leftarrow C(i)$ .

**定义 9** 在知识库中一个缺省规则  $B(x) \leftarrow A(x)$  对个体  $i$  是可应用的, 当且仅当  $B(i) \leftarrow A(i)$  在知识库中不存在, 且增加  $i \in B$  到  $Abox$  中不会引起知识库的不一致. 当缺省规则  $B(x) \leftarrow A(x)$  在知识库中对个体  $i$  可应用时, 可应用该规则, 通过添加  $i \in B$  到知识库的  $Abox$  中.

**定义 10**  $\Sigma_1 = \langle T, A_1, R \rangle$  和  $\Sigma_2 = \langle T, A_2, R \rangle$  是两个从初始知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$  得出的最大可扩展知识库,  $i$  是实例. 那么对知识库  $\Sigma_1$ ,  $(B(i) \leftarrow A(i), D(i) \leftarrow C(i))$  是实例的“扩展支持”, 当且仅当:

(1)  $B(i) \leftarrow A(i)$  在  $\Sigma_1$  中成立, 但在  $\Sigma_2$  中不成立;

(2)  $D(i) \leftarrow C(i)$  在  $\Sigma_2$  中成立, 但在  $\Sigma_1$  中不成立;

(3) 对个体  $i$  和知识库  $\Sigma_1$ , 在  $A$  和  $C$  之间存在关联路径;

(4) 对个体  $i$  和知识库  $\Sigma_2$ , 在  $A$  和  $C$  之间存在关联路径.

一个最大可扩展知识库  $\Sigma_1$  优先级高于另一个最大可扩展知识库  $\Sigma_2$ , 对  $\Sigma_1$  存在一个扩展支持, 并且对  $\Sigma_2$  存在的每一个扩展支持,  $\Sigma_1$  总有更好的扩展支持. 形式化定义为:

**定义 11** 存在  $\Sigma_1 = \langle T, A_1, R \rangle$  和  $\Sigma_2 = \langle T, A_2, R \rangle$  是两个从初始知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$  得出的最大可扩展知识库,  $i$  是实例. 那么  $\Sigma_1$  是优先级高于  $\Sigma_2$  的最大可扩展知识库, 当且仅当:

(1) 对  $\Sigma_1$ , 存在实例  $i$  的“扩展支持”;

(2) 对  $\Sigma_2$  的每一个实例  $i$  的扩展支持  $(\delta_1, \delta_2)$ , 总存在对  $\Sigma_1$  和实例  $i$  的扩展支持  $(\delta_3, \delta_2)$ .

定义中的第二个条件, 其意思是表达对  $\Sigma_2$  存在的每一个扩展支持,  $\Sigma_1$  总有更好的扩展支持.

### 3 添加规则后的推理算法

添加规则后,  $Abox$  中的实例会发生变化. 除了一般的标准推理, 如包含、分类及识别等, 提出一种新的推理算法, 用于判断添加规则后, 一个实例是否属于某个概念.

添加规则后的个体检索推理算法如下.

对知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$ , 个体  $i$  以及概念  $G$ , 其中  $R$  是特定缺省规则, 通过如下算法判定个体  $i$  是否属于概念  $G$  的实例:

(1) 用  $i$  实例化知识库中所有的缺省规则  $R$ , 其结果是被实例化的闭合规则集合  $R_I$ ;

(2) 判定  $T$  中的概念是否存在相关路径, 依此选择  $R_I$  中具有最高优先级的缺省规则  $r_i$ , 称为激活规则, 在扩展知识库的过程中, 只能应用激活的规则  $r_i$  到知识库  $\Sigma$ ;

(3) 判定规则  $r_i$  是否可用, 若可用, 对知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$  运用激活规则  $r_i$ , 计算扩展后的知识库, 若不可用, 则跳过该规则, 从  $R_I$  中去掉规则  $r_i$ ;

(4) 重复(2)和(3), 对知识库运用不断被选中的激活规则, 产生新的扩展知识库, 直到缺省规则集  $R_I$  中已经没有可用的缺省规则, 即  $R_I$  为空, 此时生成的扩展知识库为最大可扩展知识库;

(5) 比较生成的所有最大可扩展知识库,保留具有最高优先级的最大可扩展知识库,该扩展称为最优扩展,过滤掉其他最大可扩展知识库;

(6) 取最优扩展中产生的缺省规则交集,并将其作用到初始知识库中,生成完全知识库;

(7) 在完全知识库中,通过传统 *Abox* 方法检查  $i$  是否概念  $G$  的实例。

#### 4 实例验证

以学术本体<sup>[6]</sup>为背景,假设已经存在知识库,为知识库添加缺省规则,例如,教师在工作量考核时,会有部分减免,可用缺省规则表示为:

$\text{Part-Checking}(x) \leftarrow \text{LearningTeacher}(x)$

定义学术本体知识库中有如下缺省规则:

Rule1:  $\text{Part-Checking}(x) \leftarrow \text{LearningTeacher}(x)$

Rule2:  $\text{Dorm}(x) \leftarrow \text{Student}(x)$

Rule3:  $\text{Apartment}(x) \leftarrow \text{Teacher}(x)$

Rule4:  $\text{BelongtoUniv}(x) \leftarrow \text{Group}(x)$

Rule5:  $\text{Full-Checking}(x) \leftarrow \text{Group}(x)$

在读的老师在工作考核时会有所减免,因此实行 *Part-Checking*,而其他人员则不具备该项减免,实行的是 *Full-Checking*. 另外规则 2 和规则 3 说明,高校学生一般居住在学生寝室,而教师则居住在教师公寓. 规则 4 说明无论是学生或教师都属于其所在的高校,学术本体知识库中的缺省规则如图 1 所示. 其中, *Part-Checking* 与 *Full-Checking* 是互斥的, *Apartment* 与 *Dorm* 也是互斥关系。

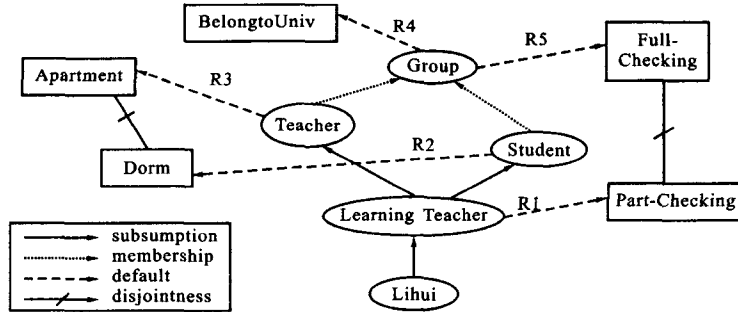


图1 学术本体知识库规则扩展图

对上述学术本体知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$ , 个体查询实例为 *Lihui*. 运用上述算法推理 *Lihui* 是否属于高校或者是否减免工作量考核。

首先用待查询个体 *Lihui* 实例化规则集中的所有缺省规则. 其结果是被实例化的闭合规则集合. 例如对缺省规则 Rule1:

$\text{Part-Checking}(x) \leftarrow \text{LearningTeacher}(x)$

用实例 *Lihui* 替代变量  $x$ , 则得到实例化的闭合规则为:

$\text{Part-Checking}(\text{Lihui}) \leftarrow \text{LearningTeacher}(\text{Lihui})$

实例化之后规则记为  $R1(i), R2(i), R3(i), R4(i), R5(i)$ .

然后构造最大可扩展知识库,初始状态下,所有的闭合规则都是可用的,需要确定哪个缺省规则具有最高优先级,据定义可知,规则 Rule1 的前提  $\text{LearningTeacher}(x)$  和其他规则的前提之间都存在相关路径,因此  $R1(i)$  应为具有最高优先级的缺省规则,即激活的规则。

此时应用  $R1(i)$  到知识库  $\Sigma = \langle T, A, R \rangle$ , 得

到扩展后的知识库  $\Sigma_1 = \langle T, A \cup \{\text{Part-Checking}(\text{Lihui})\}, R \rangle$ . 对于新产生的知识库  $\Sigma_1$ ,  $R2(i), R3(i), R4(i)$  是可用的,但  $R5(i)$  不可用,原因在于如果将  $R5(i)$  应用到知识库  $\Sigma_1$  中,可得  $\text{Full-Checking}$  与  $\text{Part-Checking}$  同时成立,事实上  $\text{Part-Checking}$  与  $\text{Full-Checking}$  是不相交的,因此应用  $R5(i)$  会引起知识库  $\Sigma_1$  的不一致。

在余下的可用规则  $R2(i), R3(i), R4(i)$  中,  $R2(i)$  和  $R3(i)$  都是具有最高优先级的缺省规则,因为  $R2(i), R3(i)$  的前提和  $R4(i)$  的前提之间存在相关路径. 因此,分别运用规则  $R2(i)$  和  $R3(i)$ , 可扩展得到两个不同的知识库:

$\Sigma_{12} = \langle T, A \cup \{\text{Part-Checking}(\text{Lihui}), \text{Dorm}(\text{Lihui})\}, R \rangle$

$\Sigma_{13} = \langle T, A \cup \{\text{Part-Checking}(\text{Lihui}), \text{Apartment}(\text{Lihui})\}, R \rangle$

对于这两个知识库而言,只剩最后一个可扩展规则  $R4(i)$ , 应用这条规则,得到两个不同的最大可扩展知识库,分别为:

$\Sigma_{124} = \langle T, A \cup \{\text{Part-Checking}(\text{Lihui}),$

$\text{Dorm}(\text{Lihui})\}, \text{BelongUniv}(\text{Lihui})\}, R\rangle$

$\Sigma_{134} = \langle T, A \cup \{\text{Part-Checking}(\text{Lihui}), \text{Apartment}(\text{Lihui})\}, \text{BelongUniv}(\text{Lihui})\}, R\rangle$

在具有最高优先级别的最优扩展中,取两者应用过的缺省规则交集,通过对初始知识库应用交集的这些缺省规则,产生融合后的知识库.可知,其交集为规则  $R1(i)$  和  $R4(i)$ ,因此融合后的知识库为:

$\Sigma_{14} = \langle T, A \cup \{\text{Part-Checking}(\text{Lihui}), \text{BelongUniv}(\text{Lihui})\}, R\rangle$

## 5 结束语

算法的最后一步是在融合后的知识库中执行标准的描述逻辑 Abox 个体推理.如果查询 Lihui 是否属于某大学或者是否减免工作量考核,在融合后的新知识库中,查询扩展的 Abox,可知答案为真与事实吻合,推理实例验证了该推理算法的有效性.

### 参考文献:

- [1] Horrocks I, P Patel Schneider, Boley H, et al. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML[EB/OL]. [2010-01-21]. <http://www.daml.org/2003/11/swrl/>
- [2] Thomas Eiter, Thomas Lukasiewicz, Roman Schindlauer, et al. Combining answer set programming with description logics for the semantic web[C]// Proceedings

of the Ninth International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR 2004), Vienna, Austria: American Association for Artificial Intelligence, 2004:141-151.

- [3] Grosz B N, Horrocks I, Volz R, et al. Description logic programs: combining logic programs with description logic[C]// Proceeding of the Twelfth International World Wide Web Conference. Fairfax, VA, USA: ACM Press, 2003: 48-57.
- [4] Chitta Baral, Michael Gelfond. Logic programming and knowledge representation[J]. Journal of Logic Programming. 1994, 19(20): 73-148.
- [5] Jonh McCarthy. Programs with common sense[C]// Proceedings of the Symposium of the National Physics Laboratory. London, U K: Mechanisation of Thought Processes, 1958:77-84.
- [6] 朱思峰. 基于语义的领域知识检索系统的设计及实现[J]. 微电子学与计算机, 2008, 25(12): 106-109.

### 作者简介:

张彪男,(1968-),博士,讲师.研究方向为人工智能、图形图像处理、工业工程.

文坤梅女,(1978-),博士,讲师.研究方向为 Web 信息搜索与挖掘、语义搜索.

许家伟男,(1969-),工程师.研究方向为人工智能、技术创新.

(上接第 110 页)

## 8 结束语

文中介绍了一种边缘检测算法采用中值滤波预处理,阈值迭代算法得到阈值图像,用经典 Sobel 算子粗定位边缘,再用三次样条插值法对边缘图进行插值处理,获得亚像素级边缘.实验结果表明,该方法能精确定位目标边缘,优于传统的边缘检测方法.

### 参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像分割[M]. 北京:科学出版社,2001.
- [2] 窦丽华,毕超. 一种快速的图像边缘精确提取算法[J]. 光学技术,2006,7(4): 496-499.
- [3] 于殿泓. 图像检测与处理技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2006.
- [4] OstuN. A threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Transon Systems, Manand Cyber-

netics, SMC-9, 1979, 9(1): 62-66.

- [5] 汪传民,叶邦彦等. 基于计算机视觉的轴承外径监测系统的研究[J]. 微计算机信息, 2006, 22(5): 205-207.
- [6] 易大义,沈匀宝,李有法. 计算方法[M]. 杭州:浙江大学出版社,2002.
- [7] 向世明. VisualC++ 数字图像与图形处理[M]. 北京:电子工业出版社,2002.

### 作者简介:

张丰收男,(1972-),博士.研究方向为先进制造技术、精密检测.

王飞男,(1984-),硕士研究生.研究方向为图像处理.

崔凤奎男,(1957-),博士.研究方向为计算机辅助设计与制造.

刘建亭男,(1958-),副教授.研究方向为先进制造技术.