

模糊本体结构及基于 NGD 的隶属度确定

史 伟¹, 王洪伟¹, 何绍义²

(1. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092; 2. 加州州立大学圣马科斯分校 商学院, 圣马科斯 92096, 美国)

摘要: 本体能够形式化地描述特定领域的概念、术语及关系, 但不能表达模糊的信息. 为此将模糊描述逻辑应用在本体构建中, 提出一个 5 元组的模糊本体模型, 由概念集、角色集、实例集、模糊断言集和模糊关系集构成. 基于 Tableaux 算法思想并结合算例, 给出模糊本体模型推理问题的求解方法. 针对模糊本体模型的隶属度计算问题, 结合 Google 搜索, 利用标准化谷歌距离(normalized Google distance, NGD)演算法, 以实时且完全在线处理的方式计算关键词的相关性, 并最终转化为模糊本体中的隶属度.

关键词: 模糊本体; 模糊描述逻辑; 标准化谷歌距离; 谷歌搜索

中图分类号: N94, TP18

文献标识码: A

Fuzz Ontology Structure and Its Membership Determination Based on NGD

SHI Wei¹, WANG Hongwei¹, HE Shaoyi²

(1. College of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. College of Business Administration, California State University, San Marcos 92096, USA)

Abstract: Ontology can formally describe concepts, terms and relationship of the special domain, but it can not express the fuzzy information. To solve the problem of the fuzzy information's description in ontology, fuzzy description logic was employed in the construction of ontology. A 5-tuple fuzzy ontology model was established, including roles set, examples set, fuzzy assertion set and fuzzy relationship set. Based on Tableaux algorithm idea and case studies, the paper gives the solution method of the reasoning problem of fuzzy ontology. The correlation between key words was processed with the new NGD algorithm by means of Google search, and convert the results into membership degree of fuzzy ontology at last.

Key words: fuzzy ontology; fuzzy description logic(FDL); normalized Google distance(NGD); Google search

本体是一个哲学术语, 是对世界任何领域内的真实存在所做出的客观描述. 在人工智能领域, 本体作为一种知识表现形式, 可以捕获特定领域的知识, 提供对该领域知识的共同理解, 确定该领域内共同认可的术语, 并从不同层次的形式化模型上给出这些术语之间的明确定义, 实现对领域知识的推理. 目前, 本体已被应用于知识工程、信息检索与获取、软件工程、语义网等诸多领域.

本体描述语言起源于人工智能领域对知识表示的研究. 随着 Web 技术的发展, 以知识共享为特征的本体论与 Web 技术紧密结合. 基于 Web 本体描述语言包括 RDF(S), DAML+OIL^[1], OWL^[2], 它们根据类和属性构造算子的不同, 具有不同表述能力和计算复杂度. 可以根据实际的应用要求, 选用相应的本体描述语言构造所需的领域本体. 目前的本体描述语言对确定性知识的描述能力强, 而对非确定性的知识描述能力较弱. 然而现实中存在大量的非确定性的概念, 这要求本体描述语言也应适当扩展, 满足模糊本体建模的需要.

1 相关研究

通常认为, 本体由类、关系、实例、函数和公理 5 个元素构成. 尽管本体是独立于编码方式的, 但合理的基于逻辑的表示方法有利于人和机器的理解. 已有的本体模型大多采用二值逻辑(非是即否)来描述上述 5 类元素, 其中描述逻辑(description logics, DL)是常用的语义表达工具.

DL 是本体形式化描述常用的逻辑基础, 它的基本构件由概念(concept)、角色(role)和个体(individual)所组成, 概念描述了一个个体的集合, 而角色表示个体之间的二元关系^[3].

对 DL 的研究主要从语法和推理算法展开的. 文献[4]根据描述能力的不同,从最简单的描述逻辑语言 ALC 到较复杂的 SHOQ(D),逐一展开讨论对应的描述逻辑基础及 Tableau 算法,以及算法的完备性、正确性和计算复杂度. 文献[5]将 DL 应用于本体建模领域,建立本体的形式化模型,并利用 DL 的推理机制研究了本体模型的验证方法,包括本体术语检验和实例检验问题. 文献[6]对术语检验和实例检验及其转换问题进行研究,将其细分为 4 类和 2 类子问题,并证明了这些问题可以相互转化,最终转化为对实例声明伸展的一致性检验问题. 文献[7]又将其扩展到语义 Web 的应用中去,着重讨论了语义 Web 中基于 DL 的本体语言推理方法.

传统的 DL 只能处理精确或确定的知识及其推理任务,而现实中的许多问题往往是不确定的或是不精确的,不能确定某个个体术语是否属于某个概念或是两个个体是否属于某个角色. 例如,人们无法确定年龄多大才属于“年轻人”的概念. 为此,文献[8-9]利用模糊集理论对 DL 的 ALC 进行模糊性扩展,提出一种模糊描述逻辑(fuzzy description logic, FDL). 文献[10]考虑用一种修饰工具的特殊形式来对 ALC 进行模糊扩展,该形式是两种线性函数的结合. 考虑了最小、最大和 $1-x$ 隶属函数,提出了一种可靠和完备的测试包含关系的推理算法. 文献[11-12]考虑了断言的推理,将模糊断言公理应用到模糊 ALC 中(包括最小、最大和 $1-x$ 函数),同时介绍了 BDB(berkeley data base)问题并提出了基于完成规则的健全和完善的推理算法.

综上所述,目前对 DL 已有较为系统的研究. 模糊理论也被引入到 DL 中,形成了初步的 FDL 体系. 这些工作为模糊本体结构的构建提供了借鉴思路. 本文的研究将集中在如何把 FDL 与本体结构结合起来. 同时考虑到本体包含大量的模糊概念和关系,完全依靠人工确定隶属度不现实也不合理,本文为此提出模糊本体隶属度的方法.

2 模糊描述逻辑的构造

定义 1(模糊概念和模糊角色) FDL 中包括两个元素,模糊概念和模糊角色. 语法如下:

$$C, D \rightarrow \top \mid \perp \mid A \mid \neg C \mid C \cap D \mid C \cup D \mid \exists R. C \mid \forall R. C \quad (1)$$

即,概念(用 C, D 表示)由原子概念(用 A 表示)和

角色(用 R 表示)通过构造算子组成.

定义 2(模糊解释) FDL 将概念解释为某论域的模糊子集,将角色解释为该论域上的模糊二元关系. 一个模糊解释 $I=(\Delta^I, \bullet^I)$,其中, Δ^I 是解释论域, \bullet^I 是解释函数,且满足

(1) 对任意个体 a ,解释函数将其映射为解释论域中的一个元素 $a^I \in \Delta^I$. 并且对任意个体 a 和 b ,若 $a \neq b$,则 $a^I \neq b^I$.

(2) 对任意概念 C ,解释函数将 C 映射为一个隶属函数,即 $C^I: \Delta^I \rightarrow [0, 1]$.

(3) 对任意角色 R ,解释函数将 R 映射为一个二元隶属函数,即 $R^I: \Delta^I \times \Delta^I \rightarrow [0, 1]$.

定义 3(概念公式) 由概念、角色和构造算子相互作用形成的表达式称为概念公式. 概念公式用以表达复杂概念. 其中,对构造算子的语义解释,如表 1 所示.

表 1 基于 FDL 的构造算子语义解释
Tab. 1 Semantic interpretation of constructor operator based on the FDL

构造算子	语义解释
\top	$\top^I(d)=1$
\perp	$\perp^I(d)=0$
$C \cap D$	$(C \cap D)^I(d)=\min\{C^I(d), D^I(d)\}$
$C \cup D$	$(C \cup D)^I(d)=\max\{C^I(d), D^I(d)\}$
$\neg C$	$(\neg C)^I(d)=1-C^I(d)$
$\forall R. C$	$(\forall R. C)^I(d)=\inf_{d' \in \Delta^I} \{\max\{1-R^I(d, d'), C^I(d')\}\}$
$\exists R. C$	$(\exists R. C)^I(d)=\sup_{d' \in \Delta^I} \{\min\{R^I(d, d'), C^I(d')\}\}$

定义 4(断言) 给定概念 C 、角色 R 、个体 a 和 b ,断言 α 是指 $C(a)$ 或 $R(a, b)$,前者表示 a 属于 C ,后者表示 a 与 b 之间存在关系 R .

定义 5(模糊断言) 给定概念 C 、角色 R 、个体 a 和 b ,以及断言 α ,模糊断言的形式是 $[\alpha \geq n], [\alpha > n], [\alpha \leq m]$ 或 $[\alpha < m]$. 其中, $n \in [0, 1], m \in [0, 1]$. 从语义层面,一个模糊解释 I 满足断言 $[C(a) \leq n]$,当且仅当 $C^I(a^I) \leq n$. 或者满足断言 $[R(a, b) \leq n]$,当且仅当 $R^I(a^I, b^I) \leq n$. 对于其他比较符号 $<, \geq, >$ 也成立.

定义 6(模糊关系) 概念之间的模糊关系分为包含关系和等价关系. 语义如下

(1) $C \subseteq D$,当且仅当,对任意 $d \in \Delta^I, C^I(d^I) \leq D^I(d^I)$.

(2) $C \equiv D$,当且仅当,对任意 $d \in \Delta^I, C^I(d^I) = D^I(d^I)$.

3 基于 FDL 的模糊本体结构及其推理

3.1 基于 FDL 的模糊本体结构

定义 7(模糊本体) 模糊本体是一个 5 元组,记作 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle$. 其中, C_S 是概念集、 R_S 是角色集、 X_S 是实例集、 A_F 是模糊断言集、 R_F 是模糊关系集. 同时,将模糊断言和模糊关系统称公理, $A_F\cup R_F$ 即为公理集.

定义 8(复合概念和原子概念) 给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle$,如果 R_F 中存在 $C\equiv D,C$ 是概念, D 是概念公式,则称 C 是复合概念,否则称为原子概念.

定义 9(模糊本体的模型) 给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle,I$ 是一个模糊解释. 如果 I 满足 $A_F\cup R_F$ 中的每一个公理,则称 I 是 O_F 的一个模型.

定义 10(模糊本体的可满足性) 给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle$,如果存在一个模型 I ,则称 O_F 是可满足的,否则称 O_F 是不可满足的. 也就是说, I 满足 O_F ,当且仅当 I 是 O_F 的模型.

定义 11(模糊蕴含) 给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle,E$ 是一个公理,当且仅当 O_F 的每一个模型都满足 E ,则称 O_F 模糊蕴含公理 E ,记为 $O_F|\approx E$.

3.2 基于 FDL 的模糊本体的推理问题的类型

定理 1 给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle$,有以下结论:① $O_F|\approx[\alpha\geq n]$,当且仅当 $O'_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F\cup\{[\alpha<n]\},R_F\rangle$ 不可满足. ② $O_F|\approx[\alpha\leq n]$,当且仅当 $O'_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F\cup\{[\alpha>n]\},R_F\rangle$ 不可满足.

定理 2 给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle,C$ 和 D 是两个概念, $O_F|\approx(C\text{ö}D)$,当且仅当对任意 $0<n\leq 1$ 和个体 $a,O'_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F\cup\{[C(a)\geq n],[D(a)<n]\},R_F\rangle$ 不可满足.

基于 FDL 的模糊本体的推理问题可以分为一致性问题和包含性问题.

(1) 一致性问题. 是指给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle,A$ 是一个断言,判断 $O_F|\approx A$ 是否成立. 由定理 1 可知,一致性问题可以转化为可满足性问题.

(2) 包含性问题. 是指给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle,C$ 和 D 是两个概念,判断 $O_F|\approx (C\text{ö}D)$ 是否成立. 由定理 2 可知,包含性问题可以转

化成可满足性问题.

3.3 基于 FDL 的模糊本体的推理问题的求解方法

定义 12(完备的模糊断言集) 给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle$,对于模糊断言集 A_F 而言,如果没有扩充规则可用,如表 2 所示,则称 A_F 是完备的. 如果将扩充规则应用于 A_F 后得到一个完备的断言集 A'_F ,则称 A'_F 是 A_F 的完备集.

表 2 模糊断言集的扩充规则

Tab.2 Expansion rules of fuzzy assertions set	
编号	扩充规则
(1)	$[\neg C(w)\geq n]\rightarrow[C(w)\leq 1-n]$
(2)	$[\neg C(w)> n]\rightarrow[C(w)< 1-n]$
(3)	$[\neg C(w)\leq n]\rightarrow[C(w)\geq 1-n]$
(4)	$[\neg C(w)< n]\rightarrow[C(w)> 1-n]$
(5)	$[C\cap D(w)\geq n]\rightarrow[C(w)\geq n],[D(w)\geq n]$
(6)	$[C\cap D(w)> n]\rightarrow[C(w)> n],[D(w)> n]$
(7)	$[C\cup D(w)\leq n]\rightarrow[C(w)\leq n],[D(w)\leq n]$
(8)	$[C\cup D(w)< n]\rightarrow[C(w)< n],[D(w)< n]$
(9)	$[C\cup D(w)\geq n]\rightarrow[C(w)\geq n]\vee[D(w)\geq n]$
(10)	$[C\cup D(w)> n]\rightarrow[C(w)> n]\vee[D(w)> n]$
(11)	$[C\cap D(w)\leq n]\rightarrow[C(w)\leq n]\vee[D(w)\leq n]$
(12)	$[C\cap D(w)< n]\rightarrow[C(w)< n]\vee[D(w)< n]$
(13)	$[\forall R.C(w_1)\geq n],\Phi^C\rightarrow[C(w_2)\geq n]$,若 Φ 是 $[R(w_1,w_2)\leq 1-n]$
(14)	$[\forall R.C(w_1)> n],\Phi^C\rightarrow[C(w_2)> n]$,若 Φ 是 $[R(w_1,w_2)< 1-n]$
(15)	$[\forall R.C(w_1)\leq n],\Phi^C\rightarrow[C(w_2)\leq n]$,若 Φ 是 $[R(w_1,w_2)\leq n]$
(16)	$[\exists R.C(w_1)< n],\Phi^C\rightarrow[C(w_2)< n]$,若 Φ 是 $[R(w_1,w_2)< n]$
(17)	$[\forall R.C(w_1)\leq n]\rightarrow[R(w_2,x)\geq 1-n],[C(x)\leq n]$, x 是一个新的变量,而且新推出的断言在原断言集合中不存在
(18)	$[\forall R.C(w_1)< n]\rightarrow[R(w_2,x)> 1-n],[C(x)< n]$, x 是一个新的变量,而且新推出的断言在原断言集合中不存在
(19)	$[\exists R.C(w_1)\geq n]\rightarrow[R(w_1,x)\geq n],[C(x)\geq n]$, x 是一个新的变量,而且新推出的断言在原断言集合中不存在
(20)	$[\exists R.C(w_1)> n]\rightarrow[R(w_1,x)> n],[C(x)> n]$, x 是一个新的变量,而且新推出的断言在原断言集合中不存在

定义 13(共轭断言) 给定模糊本体 $O_F=\langle C_S,R_S,X_S,A_F,R_F\rangle$,如果模糊断言集 A_F 中出现表 3 所示的一对断言,则称为共轭断言.

表 3 共轭断言组

Tab.3 Conjugate assertion group		
	$[\alpha<m]$	$[\alpha\leq m]$
$[\alpha\geq n]$	$n\geq m$	$n>m$
$[\alpha>n]$	$n\geq m$	$n\geq m$

定义 14(模糊断言冲突) 如果一个模糊断言集存在以下情况,则称该断言集是冲突的.

(1) 具有如下情形:① $[\perp(w)\geq n]$,当 $n>0$;② $[\top(w)\leq n]$,当 $n<1$;③ $[\perp(w)>n],[\top(w)<n],[C(w)<0],[C(w)>1]$.

(2) 扩充后的模糊断言集中,包含一对共轭断言.

给定模糊本体 $O_F = \langle C_S, R_S, X_S, A_F, R_F \rangle$, 判断 O_F 是否可满足,就是利用扩充规则(如表 2 所示), 将 A_F 扩充为更容易判断满足性的集合 A'_F , 直到所有的 A'_F 都包含冲突或者存在没有冲突的完备集. 这就是 Tableaux 算法的基本思想.

3.4 基于 FDL 的模糊本体实例

例 1 给定模糊本体 $O_F = \langle C_S, R_S, X_S, A_F, R_F \rangle$, 其中 $A_F = \{[\exists R. C(a) \geq 0.7], [R(a,b) \geq 0.8], [C(b) \geq 0.3], [D(b) \geq 0.2]]\}$. 判定模糊断言 $\exists R. (C \cap D)(a) \geq 0.5$ 是否与 O_F 一致. 即判断 $O_F = \langle C_S, R_S, X_S, A_F \cup \{[\exists R. (C \cap D)(a) < 0.5]\}, R_F \rangle$ 的可满足性. 推理过程如下:

- (1) $[a: \exists R. C \geq 0.7]$
- (2) $[(a,b): R \geq 0.8]$
- (3) $[b: C \geq 0.3]$
- (4) $[b: D \geq 0.2]$
- (5) $[a: \exists R(C \cap D) < 0.5]$
- (6) $[(a,x): R \geq 0.7], [x: C \geq 0.7] \quad (\exists \geq):$
- (7) $[b: C \cap D < 0.5] \quad (\exists <): (2)(5)$
- (8) $[x: C \cap D < 0.5] \quad (\exists <): (2)(6)$
- (9) $[b: D < 0.5] \quad (\cap <): (7)$
- (10) $[x: D < 0.5] \quad (\cap <): (8)$
- (11) 冲突
- (12) $[x: C < 0.5] \quad (\cap <): (10)$
- (13) 没有冲突

这样就找到一个没有冲突的完备集,也就是说 O_F 是可满足的,即模糊断言 $\exists R. (C \cap D)(a) \geq 0.5$ 不能包含在模糊本体 O_F 中.

例 2 给出一个简单的汽车模糊本体 $O_{car} = \langle C_S, R_S, X_S, A_F, R_F \rangle$, 其中 $C_S = \{Car, Roadster, Cabriolet, SportsCar, Maker\}$, $R_S = \{Car, maker, passenger, speed, Maker\}$, $X_S = \{mgb, enzo, tt\}$,

$TBox = \{$
 $Car \hat{=} 1 \text{ maker} \cap (= 1 \text{ passenger}) \cap (= 1$
 $speed)$
 $(= 1 \text{ maker}) \hat{=} car \quad \top \hat{=} \forall maker. maker$
 $(= 1 \text{ passenger}) \hat{=} car \quad \top \hat{=} \forall passenger. N$
 $(= 1 \text{ speed}) \hat{=} car \quad \top \hat{=} \forall speed. km/h$
 $Roadster \hat{=} Cabriolet \cap \exists passenger. \{2\}$
 $Cabriolet \hat{=} Car \cap \exists toptype. softtop$
 $SportsCar = Car \cap \exists speed. very(High)$
 $High(x) = R(x, 80, 250), very(x) = x^2\}$

$ABox = \{$
 $mgb: roadster \cap (\exists maker. \{mgb\}) \cap (\exists speed.$
 $\leq 170 \text{ km/h})$
 $enzo: car \cap (\exists maker. \{ferrari\}) \cap (\exists speed. >$
 $350 \text{ km/h})$
 $tt: car \cap (\exists maker. \{audi\}) \cap (\exists speed. = 243$
 $km/h)\}$

考虑知识库 $k = (T, R, A)$, 得到:
 $K| = (sportscar \hat{=} car \geq 1) \quad K| = (mgb: sportscar \leq$
 $0.25)$
 $K| = (enzo: sportscar = 1) \quad K| = (tt: sportscar =$
 $0.82)$
这样得到的汽车本体,具有模糊的描述,比如 mgb 是 sportscar 的最大可能是 0.25,而不是简单的是或不是的表示,更具真实性.

4 模糊本体的隶属度构建

构建模糊本体的关键就是要计算个体对模糊断言的隶属度,例如小李的年龄是 28 岁,通过隶属函数: $young(x) = \max\{0, 1 - 0.00075x^2\}$, 得出小李对年轻这个描述的隶属度是 0.412. 但是这个确定过程相对复杂,有些概念间很难用一定的隶属函数来表示.

搜索引擎已经成为现代人不可或缺的信息查询工具. 本文利用 NGD 算法^[15], 通过 Google 搜索各关键词,根据反馈的结果作为 NGD 计算的基础,进而得到模糊本体中的隶属度值. NGD 算法如下:

$$NGD(x,y) = \frac{G(x,y) - \min(G(x),G(y))}{\max(G(x),G(y))} =$$
$$\frac{\max\{\log f(x), \log f(y)\} - \log f(x,y)}{\log N - \min\{\log f(x), \log f(y)\}} \quad (2)$$

在 NGD 算法中,对于概念断言 $C(a)$ 来说只有两个关键词,比如跑车(奥迪 tt), $f(x)$ 与 $f(y)$ 分别表示关键词对中两个关键词个别的 Google 搜寻结果. 而 $f(x,y)$ 表示两关键词同时放到 Google 中搜寻所得之两词同时出现的搜寻结果总数. 对于关系断言 $R(a,b)$ 来说有 3 个甚至更多的关键词,比如同级车(法拉利 enzo, 宝马 z4), $f(x)$ 与 $f(y)$ 分别表示关键词对中关系 R 和 (a,b) 在 Google 中的搜寻结果,比如 $f(x)$ 表示“同级车”Google 搜寻结果, $f(y)$ 表示“法拉利 enzo”和“宝马 z4”同时出现的搜索结果. 而 $f(x,y)$ 表示几个关键词同时放到 Google 中搜寻所得之几个词同时出现的搜寻结果总数,比如这里 $f(x,y)$ 表示“同级车”、“法拉利 enzo”、“宝马

≈4”同时出现的搜寻结果总数. N 表示 Google 索引的 Web 页面数. 因此,可以得知这两个关键词同时出现的机率是多少,越趋近于零就表示这两词每次都会同时出现在同一份文件上,数值越大则表示出现率越低,也就是相关性越弱.

按惯例设 N 为 100 亿,所以 NGD 算法得到的一般结果 $NGD(x,y) \in [0,1]$ 这与隶属度的取值一致;NGD 算法得到的结果可以表示几个关键词间的相关性,模糊本体中的隶属度概念也是为了表达个体和概念、个体和关系之间的相关性程度,表示意义一致;NGD 算法得到的数值越大则表示相关性越弱,而隶属度的数值(根据 Zadeh 的研究)数值越大则表示相关性越强,这里需要做一些改变,隶属度 $(n)=1-NGD(x,y)$.

例 3 通过 Google 搜索关键词对. 跑车和奥迪 tt 的 NGD 的计算结果为 $NGD(\text{跑车}, \text{奥迪 tt}) = 0.311\ 228\ 313\ 198\ 29$,则模糊概念断言的隶属度 $n = 1 - 0.311\ 228\ 313\ 198\ 29 \approx 0.689$, [跑车(奥迪 tt)0.689]也就是表示奥迪 tt 是跑车的程度至少是 0.689,也就是奥迪 tt 比较有可能是跑车,这与例 2 利用隶属函数得到隶属度的结果比较接近.

例 4 对关系断言. 对同级车(法拉利 enzo, 宝马 z4)进行隶属度测试的实验,通过 Google 搜索得到各关键词的搜索结果如表 4 所示.

表 4 关键词与 Google 搜索结果总数

Tab.4 Keywords and the total number of Google search results

关键词	搜索结果总数
同级车	11 900 000
法拉利 enzo 宝马 z4	1 040 000
同级车 法拉利 enzo 宝马 z4	11 900

这里 $f(x)=11\ 900\ 000$; $f(y)=1\ 040\ 000$; $f(x,y)=11\ 900$;代入公式(2)就得到 NGD 同级车(法拉利 enzo,宝马 z4)≈0.753 则其模糊关系断言的隶属度 $n = 1 - 0.753 = 0.247$,同级车(法拉利 enzo,宝马 z4)≥0.247,也就是法拉利 enzo 和宝马 z4 是同级车关系的程度至少是 0.247,它们可能属于同级车.

5 结语

介绍了模糊描述逻辑的构造,提出一个 5 元组的模糊本体模型,进行了基于 FDL 的模糊本体结构及其推理问题的研究,给出了模糊本体模型推理问题的求解方法,并结合 Google 搜索着力探讨了模糊

本体构建过程中涉及到的隶属度的问题. 传统的方式必须通过事先下载搜集一些相关文件才能进行关键词权重的计算以提供有用的信息,本文利用 NGD 算法将 Google 当成一个庞大的语意库,使用该算法可以不用建立训练模型,利用新的 NGD 演算法尝试以实时且完全在线处理的方式来达成关键词相关性的计算,使模糊本体构建中的模糊断言隶属度更具有实时性和真实性,运作也比较方便快捷.

参考文献:

[1] I Horrocks, P F Patel-Schneider, Fvan Harmelen. Reviewing the design of DAML + OIL: an ontology language for the semantic Web[C]// Proceeding of the 18th National Conference on Artificial Intelligence. Edmonton: AAAI Press, 2002;116-118.

[2] F Harmelen, J Hendler, I Horrocks, et al. OWL web ontology language reference[EB/OL]. [2004-02-10]. <http://www.w3.org/tr/owl-ref>.

[3] Badder F, McGuiness. Nardi D, et al. The description logics handbook[M]. London: Cambrige University Press, 2003.

[4] 梅婧,林作铨. 从 ALC 到 SHOQ(D):描述逻辑及其 Tableau 算法[J]. 计算机科学,2005, 32(3): 1.

LIN Zuoquan. From ALC to SHOQ, (D): description logic and Tableau algorithms[J]. Computer Science, 2005, 32(3): 1.

[5] Ian Horrocks, Ulrike Sattler. A tableau decision procedure for SHOIQ[J]. Journal of Automated Reasoning, 2007 (39): 249.

[6] 王洪伟,蒋馥,侯立文. 基于本体的元数据扩展模型的检验[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 10(2): 57.

WANG Hongwei, JIANG Fu, HOU Liwen. Checking problems of ontology-based metadata extended models [J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2006, 10(2): 57.

[7] 王洪伟,吴家春,蒋馥. 基于描述逻辑的本体模型研究[J]. 系统工程,2003, 21(3): 101.

WANG Hongwei, WU Jiachun, JIANG Fu. A study on ontology model based on description logics[J]. Systems Engineering, 2003, 21(3): 101.

[8] Straccia U. Towards a fuzzy description logic for the semantic web[J]. Lectures Notes in Computer Science, 2005(35):167.

[9] Straccia U. Reasoning within fuzzy description logics [J]. Journal of Artificial Intelligence Research,2001(14):137.

[10] C Tresp , R Molitor. A description logic for vague knowledge [C]// Proceeding of the 13th European Conference on Artificial Intelligence Brighton: Pitman Press, 1998:215-217.

[11] Umberto Straccia. A fuzzy description logic[C]// Proceeding of the 15th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-98), Madison: AAAI Press, 1998; 594-599.

[12] Umberto Straccia. Transforming fuzzy description logics into classical description logics [C] // Proceedings of the 9th European Conference on Logics in Artificial Intelligence (JELIA-04), number 3229 in Lecture Notes in Computer Science, Lisbon: Springer Verlag, 2004;385-399.

[13] R L Cilibrasi, P M B Vitanyi. The google similarity distance [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2007,19(3):370.