

# Ontology 建模方法研究<sup>\*</sup>)

The Methodology of Ontology Building

徐振宁 黄凯歌 张维明 陈文伟

(国防科技大学管理科学与工程系 长沙410073)

**Abstract** The ontology model of a certain domain is an effective approach for the intercommunion between people from the different domains, the communication and interoperation among agents, and the share and reuse of the software. But the lack of formal analysis tools for domain modeling results in taking liberties with conceptualization. This paper discusses how to introduce the ontological notions from philosophy into Knowledge Engineering in order to supply a set of formal analysis tools for conceptualization analysis. This method can definitely record the hypothesis and analysis criterions through ontology building, and clarify the hierarchy of concepts.

**Keywords** Ontology, Conceptualization, Ontological analysis, Meta-property, Life cycle

## 1 引言

形式化表示的知识来源于对研究领域的概念化,这种概念化的主要内容包括:研究领域的对象、概念和其它假定存在的实体,以及维持它们的关系<sup>[1]</sup>。概念化是人们出于某种目的对希望进行表示的世界的一个抽象的、简化的视图。每一个知识库,基于知识的系统,知识级的主体,甚至每一个信息系统都隐式或明确地建立在某种概念化的基础上。

本体(Ontology)是一个源于哲学的概念,是一种对“存在”的系统化的解释。在人工智能领域,本体被界定为概念化的某些方面的明确的说明或表示<sup>[2]</sup>。当研究领域中的知识以说明的形式进行表示时,领域中能够被表示的对象的集合被称为论域。通过设计能够反映这些对象和对象之间关系的具有代表性的词汇集,对研究领域的本体进行描述。这样的本体包括领域核心的概念、关系、实例、公理等实体。论域中实体的名称通过定义,与人类能够阅读的描述实体名称意义的文本和约束这些名称如何解释和应用的公理相关联。

知识工程领域的研究者在其研究领域中引入这一概念,用于更好地解决知识共享中的问题。本体技术能够有效地促进来自不同领域的研究人员或组织间的交流,软件主体间的通信和互操作,异构数据源的集成,数字图书馆,以及加强知识系统的可重用性和系统的可靠性。因此,不同领域的研究者开发了大量领域相关的本体,本体技术得到了广泛的应用。

## 2 相关工作

文[3、4]总结了作者在化学领域构造本体的经验,归纳了作者在工程实践中符合本体开发过程的行为集,在进化快速原型方法基础上建立了本体开发的生命周期,提出了一种本体的结构化开发方法,以及开发过程中多种中间结果的表示技术。文[5]从工程的角度总结了形式化本体的开发过程,提出了指导这种开发过程的一组标准,以及将这些标准应用于应用领域的示例研究。

企业本体(Enterprise Ontology, EO)是大型企业建模基础设施的一个重要组成部分,它覆盖了企业建模所有的核心

<sup>\*</sup> 本课题得到国家自然科学基金(项目编号 79800007)和国防科技大学预研基金资助。徐振宁 博士研究生,主要研究方向为分布式人工智能,多主体系统;黄凯歌 博士研究生,主要研究方向为分布式人工智能,Web 数据开采;张维明 教授,主要研究方向为信息系统,智能决策支持系统,软件工程;陈文伟 教授,博士生导师,主要研究方向为人工智能、决策支持系统、智能决策支持技术。

实现基于不同特征相似性的组合(特征的权重一般是固定的)。本文给出了一种新的相关反馈技术,它通过从用户交互中学习,逐步求精查询和模型化用户的视觉感知,从而更准确地描述用户的查询需求。与其它基于统计方法的相关反馈机制不同,我们采用 GRA 理论来计算“例子图像”与“相关图像”之间的关系,并据此更新查询向量和特征的权重。实验结果表明,本文提出的相关反馈机制能较好地符合人的视觉感知的主观性,从而显著地改善图像检索的性能。

## 参考文献

- 1 Niblack W, et al. The QBIC project: querying images by content using color, texture and shape. SPIE Proc. Storage and Retrieval for Image and Video Databases, 1993. 173~187
- 2 Pentland A, Picard R, Scharoff S. Photobook: Content-based manipulation of image databases. International Journal of Computer Vision, 1996, 18(3): 233~254
- 3 Picard R, Minka T, Sdaroff S S. Modeling subjectivity in image libraries, IEEE Int. Conf. On Image process, Lausann

- 4 Minka T, Picard R. Interactive learning using a society of models. Pattern Recognition, 1997, 30(4): 565~581
- 5 Cox I, et al. Pichunter: Bayesian relevance feedback for image retrieval. In: Proc. of 13<sup>th</sup> Int. Conf. on Pattern Recognition, Vienna, Australia
- 6 Yong Rui, et al. Relevance feedback techniques in interactive content-based image retrieval. In: Proc. of IS & I and SPIE Storage and Retrieval of Image and Video Databases VI, San Jose, CA, 1998. 24~30
- 7 Ciocca G, Schettini R. A relevance feedback mechanism for content-based image retrieval. Information Processing and Management, 1999, 35: 605~632
- 8 Deng J. Control systems of grey systems. Systems and Control Letter, 1982, 5: 288~294
- 9 Hsu Y T, et al. High noise vehicle plate recognition using grey system. The Journal of Grey System, 1998, 10: 193~208
- 10 Hsieh C H. Grey image hiding. The Journal of Grey System, 2000, 3: 275~282
- 11 Furht B, et al. Video and image processing in multimedia systems. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1995. 226~270
- 12 Androustos D, Platanotis K N, Venetsanopoulos A N. A novel vector-based approach to color image retrieval using a vector angular-based distance measure. Computer Vision and Image Understanding, 1999, 75(1/2): 46~58

概念。文[6]全面总结了构造本体的初衷,定义本体中的各项内容的过程,以及将它们转换为形式化定义的经验、教训,对开发大型本体中可能遇到的带有普遍性的问题,以及将非形式化本体转换为形式化本体时几类典型问题进行了甄别,并提出了一些解决途径。

文[7]讨论了基于本体建模工程方法论。这种方法建立于从哲学研究中借鉴过来的一些重要的分析概念,包括:同一性、整体性、严格性、依赖性,并将它们用于本体建模的分析过程中,为领域的总体分析引入了基本的规则。

上述这些工作从各自的实践经验出发,勾勒出了本体建模工程的过程、方法和步骤的轮廓,同时也不可避免地存在一些片面性和不足。主要反映在两个方面:缺少对本体建模工程标准、指导原则进行落实的可操作性强的方法;另一方面针对建模工程中某些特定阶段具有良好应用价值的分析、建模方法,又缺少将它们与整个建模工程集成的研究。此外,许多开发者直接用自身熟悉的形式化语言对本体进行编码,将对领域概念化模型的假设和设计标准隐含在编码中。这种开发方法既违背了本体开发的宗旨,又阻碍了本体的共享和重用。其结果就是针对本体建模更像是一门“艺术”,而不是一项工程。

为此,本文首先对本体建模研究的内容进行简要的介绍,使用本体建模开发的生命周期将建模的方法、步骤、设计标准有机地集成在一起,针对现有工作的不足之处,重点探讨将哲学领域基础的本体论概念引入到知识工程本体建模中的方法,从而有效地解决现有建模方法缺少形式化分析工具、难以记录分析过程的问题。

### 3 本体建模方法

本体建模方法属于基于知识的系统(Knowledge-based Systems, KBS)的开发,但普通开发 KBS 的方法不能完全适用于本体的建模。这是因为通常在开发 KBS 时,知识工程师很难定义系统在实际领域中具体、完整的工作方式,所以一般的 KBS 系统采用进化的原型系统方法进行开发。开发本体的目的是用于人类、计算机对知识的共享和重用,它应该是相对稳定的,独立于具体的应用。本体建模的起点就必须详细说明模型中涵盖的概念、实例、关系和公理等实体,至少是初步认定描述这些实体的绝大部分词汇。

综合现有系统<sup>[3,4]</sup>的开发过程,我们用本体建模的生命周期对本体建模的方法、步骤和设计标准进行了有机的集成。本体建模的生命周期从总体上可划分为规约制定、概念化和实现三个主要的阶段。评测、集成和文档编写贯穿于开发的全过程,知识获取主要集中于前两个阶段:

•规约制定阶段:主要的任务为以文档的形式详细说明开发本体的目的和领域,明确为什么要开发本体,预期本体的用途和最终的用户。这一阶段的中间结果为本体开发目的和领域的详细说明书,说明书的形式根据预期的最终用户而定。例如 OE<sup>[3]</sup>和 TOVE<sup>[4]</sup>都是企业建模领域的本体,由于面向的最终用户不同,OE 和 TOVE 分别采用自然语言和形式化的语言制定规约。

•概念化阶段:主要任务是统一开发人员对领域认识的概念化模型,并以一种明确的方式详细记录概念化的模型。这一阶段是本体开发的重点,将在下一节作详细的讨论。

•实现阶段:主要任务是使用形式化的语言对概念化阶段产生的领域概念化的模型进行编码,使计算机能够对概念化模型进行理解和处理。这种形式化语言被称为目标语言,目标

语言的选择与具体的应用相关,可参考文[9]对多种目标语言的研究和比较,在此不作进一步的讨论。

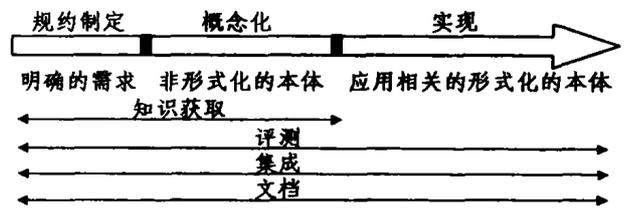


图1 本体建模的生命周期

由于系统开发的阶段性,每一阶段都会产生相应的中间结果,都有产生中间结果的标准和所作的假设;每一阶段都有集成领域内已有本体和其他成果的可能;每一阶段所做的工作都需要记录。所以,在整个开发过程中都需要评价、集成和编写文档。

规约制定阶段和实现阶段的工作与具体的应用紧密相关,并且可以直接借鉴知识工程中相关的理论和方法。概念化阶段是本体建模的核心阶段,现有方法的不足之处主要集中于这一阶段,因此本文将重点研究本体建模的概念化阶段。

## 4 领域的概念化

领域概念化阶段要将开发者对领域概念化分析过程和概念化的结果以适当的形式明确地记录下来。如何记录概念化的结果已经有了比较完善的解决方案<sup>[4]</sup>。概念化分析过程的记录涉及到概念化过程中对领域的假设、设计者的准则等难以明确表达的内容,往往被本体的开发者忽略。Guarino 等人在领域概念化分析过程中引入同一性、完整性、严格性、依赖性四个本体的基本性质,从分类关系涉及的参数性质入手,为分类关系特别是包含关系提供了形式化的分析工具。使用这些形式化工具分析的过程和分析过程中的各种假设能够清晰地记录在分析结果中,而且对领域概念分类的结果按照不同的假设形成不同的层次结构。

### 4.1 形式化分析工具

形式化的分析工具主要是通过定义元属性(meta-property),在分析中引入本体论的基本概念,再使用元属性对属性相对于本体论基本概念的行为特性进行形式化分析。为了行文的方便,在新概念第一次出现的地方,概念名称正文可能使用英文其后加中文的注释,概念再次出现时,视情况使用英文或中文;对标准的逻辑和模态逻辑的概念和规则不作解释。元属性用粗体字母表示,在字母前加“+”、“-”或“~”分别表示承载,半承载和排斥元属性。例如, $\phi^M$ 表示属性 $\phi$ 具有元属性M。

#### 4.1.1 关于严格性的定义

定义1 元属性 rigid property(严格属性)是指属性的所有实例都必须满足的属性。

定义2 元属性 non-rigid property(半严格属性)是指对于属性的某些实例不必要的属性。

定义3 元属性 anti-rigid property(非严格属性)是指对于属性的所有实例都不必要的属性。

严格属性、半严格属性和非严格属性等元属性分别用+R, -R 和 ~R 标记。例如 PERSON 在每一个可能的世界中都是人,因此可以标记为 PERSON<sup>+R</sup>。STUDENT 的任何一个实例都不必总是学生,因此可以标记为 STUDENT<sup>-R</sup>。

#### 4.1.2 关于同一性的定义 在哲学著作中,任意属性 $\phi$

的同一性条件(Identity Condition, IC)通常被定义为满足下列公式的适当的关系  $\rho$ :

$$\phi(x) \wedge \phi(y) \rightarrow (\rho(x, y) \leftrightarrow x=y) \quad (1)$$

这种定义在建模工程中存在以下的问题。首先是具有 IC 的属性是承载 IC 还是提供 IC 的问题。Non-rigid 属性只能承载 IC, 而不能提供 IC。例如 STUDENT<sup>-R</sup> 只能承载从 PERSON<sup>+R</sup> 继承而来的 IC。第二个问题是关系  $\rho$  的性质问题: 如何判断  $\rho$  能够成为 IC; 如何用  $\rho$  来解释同时(synchronic)同一性和历时(diachronic)同一性之间的区别。第三根据(1)决定一个属性是否承载了 IC 可能非常困难, 因为关系  $\rho$  对于同一性条件要同时满足充分和必要条件。因此对公式(1)作如下的改进:

定义4 IC 是满足如下公式(2)或(3)的公式  $\Gamma$ , 假设 E 是表示实际存在的谓词, 并且排除平凡错的情况:

$$E(x, t) \wedge \phi(x, t) \wedge E(y, t') \wedge \phi(y, t') \wedge x=y \rightarrow \Gamma(x, y, t, t') \quad (2)$$

$$E(x, t) \wedge \phi(x, t) \wedge E(y, t') \wedge \phi(y, t') \wedge \Gamma(x, y, t, t') \rightarrow x=y \quad (3)$$

满足(2)的  $\Gamma$  为必要的 IC, 满足(3)的  $\Gamma$  为充分的 IC。

定义5 任何属性  $\phi$  承载 IC, 当且仅当它被能够提供 IC 的属性包含(包括自身能够提供 IC 的属性)。

定义6 属性  $\phi$  中提供 IC, 当且仅当: ①  $\phi$  是严格的; ②  $\phi$  承载了必要或充分的 IC; ③ 相同的 IC 不能被所有包含的属性承载。这意味着如果  $\phi$  从多个不同的属性继承多个 IC 时,  $\phi$  仍然能够提供 IC。

定义7 任何承载 IC 的属性  $\phi$  被称为是可以划分种类的(Sortal<sup>[10]</sup>)。

元属性 +I 标记承载 IC 的属性, 反之使用元属性 -I 标记。元属性 +O 标记提供 IC 的属性, 反之使用元属性 -O 标记。根据以上定义, +O 蕴涵 +I 和 +R 显然成立。

4.1.3 关于完整性的定义 完整性从直观上讲是指某事物的每一个组成部分都以某种方式与事物的其它组成部分相连接, 同时在这种方式下不与任何其它的事物连接。这种完整性的理解被形式化定义为:

定义8 事物  $x$  在关系  $\omega$  下是一个整体, 当且仅当  $\omega$  为等价关系,  $x$  的所有部分被  $\omega$  连接在一起, 同时  $\omega$  不连接其它的任何事物。

定义9 属性  $\phi$  承载了整体性条件(Unity Condition, UC), 当且仅当存在一个单一的等价关系  $\omega$ ,  $\phi$  的所有实例在关系  $\omega$  下作为一个整体。

根据关系  $\omega$  的本体论性质,  $\omega$  可以被理解为是一种“广义的连接”。对于具体的实体, 可以分辨出整体性的三个主要种类, 它们分别是拓扑整体性、形态学整体性和功能整体性。

定义10 当属性  $\phi$  的每个实例都不能构成一个整体时, 属性  $\phi$  具有非整体性(anti-unity)。

元属性 +U 标记承载 UC 的属性, 反之使用元属性 -U 标记。元属性 ~U 标记属性具有非整体性。显然, ~U 蕴涵 -U。

4.1.4 关于依赖性的定义 Guarino 等人重点研究应用于属性性质的本体论依赖概念。在此定义的依赖概念建立于 Simon“概念的依赖(notional dependence)”定义基础之上, 是对更加广义的外部属性的近似的定义。

定义11 对于属性  $\phi$  和属性  $\varphi$ , 如果对于  $\phi$  的所有实例  $x$ ,  $\varphi$  的某些实例必须存在, 并且这些实例不是  $x$  的一部分或

构成要素, 则称属性  $\phi$  外部依赖于属性  $\varphi$ 。

$$\forall x \square (\phi(x) \rightarrow \exists \varphi(y) \wedge P(y, x) \wedge \rightarrow C(y, x)) \quad (4)$$

P, C 代表部分和要素关系<sup>[7]</sup>。

4.1.5 约束和假设 以上元属性为分类关系施加了一些具有操作性的约束, 尤其是针对包含关系。如果  $\phi$  和  $\varphi$  是两个属性, 那么以下的约束成立:

$$\phi^{-R} \text{不能包含 } \varphi^{+R} \quad (5)$$

$$\phi^{+I} \text{不能包含 } \varphi^{-I} \quad (6)$$

$$\phi^{+U} \text{不能包含 } \varphi^{-U} \quad (7)$$

$$\phi^{-U} \text{不能包含 } \varphi^{+U} \quad (8)$$

$$\phi^{+D} \text{不能包含 } \varphi^{-D} \quad (9)$$

具有不相容 IC 和 UC 的属性不相交。 (10)

以上的约束条件能够从元属性定义中直接得到。最后对同一性作如下的假设<sup>[11]</sup>:

• 种类的个体化: 每个领域的元素一定实例化了某些承载 IC(+I)的属性。

• 种类的可扩充性: 如果两个实体相同, 一定存在承载这种同一性条件的属性, 并且这两个实体是这种属性的实例。

### 4.2 形式化分析方法

我们首先探讨以上元属性不同组合方案的意义。不同的组合方案对应于根据本体论基本概念对属性划分的基本种类。这些属性种类作为使用元属性对给定属性特征进行分析的参考, 同时用于对分析结构的合法性检查。I, O, D 分别取布尔值, R 取 +R, ~R, -R 三值, 共有 24 种可能的组合。但是由于 +O  $\rightarrow$  +I, +O  $\rightarrow$  +R, 所以实际的组合种类为 14 种, 如表 1 所示。基本属性种类共有 8 种, 可以划分为可分类的(Sortal)属性和不可分类的(Non-Sortal)属性两大类。此外我们将承载 +R 元属性的属性统称为骨干属性。

范畴(Category)类属性通常是本体中最高层次的属性, 将领域划分为不同的片断。

表1 属性的本体论分类

+O	+I	+R	+D	Type	Sortal
			-D		
-O	+I	+R	+D	Quasi-type	
			-D		
-O	+I	~R	+D	Material role	
-O	+I	~R	-D	Phased sortal	
-O	+I	-R	+D	Mixin	
			-D		
-O	-I	+R	+D	Category	Non-sortal
			-D		
-O	-I	~R	+D	Formal Role	
			-D		
-O	-I	~R	+D	Attribution	
			-D		
+O	-I			incoherent	
	+I	~R			
		-R			

类型(Type)类属性是本体中最重要的一类属性。因为领域中的任何元属至少是一种类型的实例, 所以它也是对领域进行描述时使用最多的一类属性。

伪类型(Quasi-Type)类属性通常是建立在多种属性组合基础上的属性类型, 用于对领域进行高层次的组织。

形式化角色(Formal Role)类属性通常用于描述实体参

与事件的哪些部分,将多个实体间的特殊关系具体化。

具体角色 (Material Role) 类属性表示具体到特定实体种类的形式化角色。

阶段可分类的 (Phased Sortal) 属性是指不能提供全局 IC, 但是属性的实例在特定的时间阶段里能够提供局部 IC 的属性。

特性 (Attribution) 类属性用于表示品性或性质的取值。

混合 (Mixin) 类属性通过合并 +R 和 ~R 属性对特殊实体进行描述。

表2 属性类型之间的相互包含关系

包含和被包含关系	Cate	Attr	F-role	M-role	P-Sortal	Mix	Type	Q-Type
Cate	√ √	√ √	√ ×	√ ×	√ ×	√ ×	√ ×	√ ×
Attr	√ √	√ √	√ √	√ ×	√ ×	√ ×	√ ×	√ ×
F-role	× √	≡ √	× √	√ ×	× ×	≡ ×	× ×	× ×
M-role*	× √	× √	× √	√ √	× √	≡ √	× √	× √
P-Sortal	× ≡	× ≡	× ≡	√ ≡	√ ≡	√ ≡	× ≡	× ≡
Mixin●	× √	× √	× √	√ √	√ √	√ √	√ √	√ √
Type	× √	× √	× ×	√ ×	√ ×	√ ×	√ √	√ √
Q-Type*	× √	× √	× ×	√ ×	√ ×	√ √	√ √	√ ×

表2集中地表示了属性类型之间的相互包含关系。表中单元格中“|”左侧的“√”表示所在行的属性种类可以包含所在列的属性种类;表中单元格中“|”右侧的“√”表示所在行的属性种类可以被所在列的属性种类包含。“×”表示不能包含或不能被包含;“≡”表示有条件的成立,“|”左侧的“≡”表示单元格所在行的属性种类必须满足“+D”,“|”右侧的“≡”表示单元格所在列的属性种类必须满足“+D”。带“★”上标的属性种类必须被 Type 类型的属性包含,带“●”上标的属性种类必须被 Sortal 类型的属性包含,符号加粗表示推荐使用。

4.3 应用实例

我们以 (KA)<sup>2</sup> (Knowledge Annotation Initiative of the Knowledge Acquisition Community) 开发的 知识获取团体的本体分析为例说明如何应用上述方法。(KA)<sup>2</sup> 本体概念分类树的最高两层如图2所示,图中省略了下层节点。从图中可以得到 (KA)<sup>2</sup> 本体涉及的主要概念和内容,加上其它的中间结果表示,可以基本反映对领域的概念化结果。但是这种对本体概念分类的表示方法不能完全记录开发者对领域的认识,不能明确记录开发者的分析过程,分析标准和分析中所作的假设。

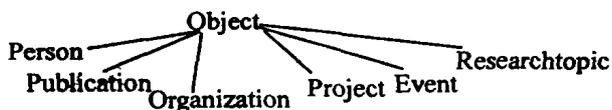


图2 (KA)<sup>2</sup> 本体概念分类树的最高两层

应用如上的形式化分析工具可以得到对领域涉及的主要概念的一种认识,如表3所示。再利用属性种类之间的包含关系,可以得到如下的知识获取团体本体的高层概念分类树,如图3所示。这种划分是建立在将抽象的实体 Object 具体化为社会实体 Social Entity 基础之上的。

结合形式化分析工具和表3等中间结果的表示,能够清晰地反映出开发者对领域的认识过程,为分析所作的假设和分

析标准,澄清了概念层次结构,记录了更多的语义信息。

表3 (KA)<sup>2</sup> 本体涉及概念的元属性分析

Social Entity	-O	-I	+U	-D	+R
Person	+O	+I	+U	-D	+R
Organization	+O	+I	+U	-D	+R
Publication	+O	+I	+U	+D	+R
Project	-O	+I	+U	+D	+R
Event	-O	-I	~U	+D	~R
Researchtopic	-O	-I	~U	+D	~R

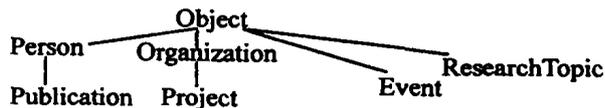


图3 使用形式化分析工具得到的 (KA)<sup>2</sup> 本体高层概念分类树

结束语 本文使用本体建模开发的生命周期将建模的方法、步骤、设计标准等有机地集成在一起,针对现有方法对领域概念化缺少形式化分析,缺少领域概念层次划分规则的不足,重点探讨了如何将哲学领域基础的本体论概念引入到知识工程中本体建模的方法,通过运用元属性对属性的分析,给出了一种针对本体建模概念化分析的形式化方法。这一方法与现有技术的结合将有助于从方法论上支持全过程的本体建模,从而有力地推动本体技术在数字化图书馆,异构数据库集成,软件主体等领域的应用。

参考文献

- Guarino N, Giaretta P. Ontology a Knowledge Bases- towards a terminological clarification. In: NJ Mars, ed. Towards Very Large Knowledge Bases — Knowledge Building and Knowledge Sharing, ISO Press, 1995. 25~32
- Genesereth M R, Nilsson N J. Logical Foundation of Artificial Intelligence. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1987
- Fernández M, Gómez-Pérez A, Juristo N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. Spring Symposium Series. Stanford. 1997
- Gmez-Prez A, Fernndez M, De Vicente A. Towards a Method to Conceptualize Domain Ontologies. Working notes of the workshop Ontological Engineering. ECAI'96. 41~52
- Gruber T R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. [Technical Report KSL 93-04]. Knowledge Systems Laboratory, Stanford University
- Martinking M U, Moralee S, Zorigos Y. The Enterprise Ontology. The Knowledge Engineering Review, 1998, 13(1): 31~89
- Guarino N, Welty C. 2000c. Towards a methodology for ontology-based model engineering. In: Proc. of ECOOP-2000 Workshop on Model Engineering. Cannes
- Uschold M, Gruninger M. ONTOLOGIES: Principles, Methods and Applications. Knowledge Engineering Review, 1996, 11(2)
- Speel H, Raalte F, Vet P, Mars N. Scalability of the Performance of Knowledge Representation Systems. Towards Very Large Knowledge Bases. Ed. by N. Mars. IOS Press. Amsterdam. 1995. 173~184
- Strawson P F. Individuals. An Essay in Descriptive Metaphysics. Routledge, London and New York. 1959
- Lowe E J. Kinds of Being. A Study of Individuation, Identity and the Logic of Sortal Terms. Basil Blackwell, Oxford, 1989