

# 基于 OWL 的模具企业经验知识库 构建方法的研究

谢新文, 胡 沙, 黄明月, 李建军

(华中科技大学 材料成形与模具技术国家重点实验室, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:**为了解决模具企业知识集成存在的问题,结合网络本体语言 OWL(Web Ontology Language)所具有的优势,提出一种基于 OWL 的经验性知识库构建方法。该方法按照面向模具生产的知识分类框架建立概念树,使用 Protégé 建模工具建立基本的 OWL 本体库,同时采用 Pellet 本体推理机对 OWL 本体进行推理,并借助概念图帮助业务参与者在实际生产中扩展和完善 OWL 本体库。经验知识库的建立为模具企业知识集成系统的建立和知识重用打下基础,为模具设计和加工中经验性强的环节提供技术指导,从而提高模具的设计和生产效率,促进企业的可持续发展。

**关键词:**模具企业;OWL;本体;经验知识库;知识集成;概念图

中图分类号:TP182;TP391.7

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2011)03-0001-05

## Research on Method of Empirical Knowledge Base Construction Based on OWL for Die and Mold Enterprise

XIE Xin-wen, HU Sha, HUANG Ming-yue, LI Jian-jun

(State Key Laboratory of Material Processing and Die & Mould Technology, Huazhong University  
of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** In order to solve the issues of knowledge integration of die and mold enterprise, combined with the advantages of OWL(Web Ontology Language), a method of constructing empirical knowledge base based on OWL is proposed. The concept tree is established on the basis of knowledge classification framework of mold production, then the basic OWL ontology is set up by modeling tools Protégé. At the same time, it takes the Pellet as an ontology reasoning tool to reason OWL ontology, and assists the users to expand and improve the OWL ontology base with the help of conceptual graph in the process of actual production. The construction of empirical knowledge base sets the stage for knowledge integration and knowledge reuse of die and mold enterprise, and provides technical guidance for mold design and processing which needs strong experience to improve the efficiency of mold design and production, and promotes sustainable development of enterprises.

**Key words:** die and mold enterprise; OWL; ontology; experience knowledge base; knowledge integration; conceptual graph

## 0 引 言

模具行业是一个经验性很强的行业,丰富的经验和知识能够帮助模具企业高效地制造合格的模具。因此,构建统一的知识集成系统能够帮助模具企业积累和保护各种经验技术知识,最终实现知识重用,从而提高模具的设计和生产效率,促进企业的可持续发展。

构建适用的知识库是知识集成的基础,因此必须

对模具企业的经验技术知识进行合理的分析,确立行之有效的知识库构建方法。文中结合模具企业的知识特点,把模具企业知识库构建的重点放在经验性知识上,在研究了知识表示、本体建模和推理领域的相关技术的基础上,提出一种经验性知识库构建的方法,旨在为模具企业提供一种切实可行的方案,充分利用模具生产的过程中逐渐积累的经验知识,指导模具企业经验性知识库的构建。

## 1 模具企业的知识特点和 OWL 技术

模具企业的经验知识一方面存放在员工的头脑里面,这些隐性知识的获取缺乏统一的机制,人员一旦流失,很多知识都将消失;另一方面存放在各种信息化产品中,如 PDM 中的设计实例、ERP 中的加工经验以及

收稿日期:2010-07-05;修回日期:2010-10-19

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划资助项目(2006BAF01A43)

作者简介:谢新文(1986-),男,湖北武汉人,硕士研究生,研究方向为模具 ERP、知识管理;李建军,教授,博士生导师,研究方向为模具 CAD/CAPP/CAM、计算机集成制造技术、网络制造技术以及模具企业的优化生产管理等。

散落在企业内部的文档,这些知识形式多样化、来源分散,给知识的表达和获取带来障碍。由于这些难点的存在,目前模具企业知识集成现状不容乐观。

本体 (Ontology) 和面向网络的本体语言 OWL (Web Ontology Language) 的发展及其所具有的优势为模具企业知识集成提供了良好的基础,其描述知识的方式也适合模具企业的知识特点,因此文中的知识库基于 OWL 构建<sup>[1,2]</sup>。

## 2 构建基本的 OWL 知识库

模具企业要构建知识库,首先要将企业的知识合理的分类,然后按分类获取各领域的概念形成概念树,最后以概念为中心定义属性、关系和个体,在领域专家的帮助下完成知识准备,为模具企业 OWL 本体建模打下基础。

该过程如图 1 所示。

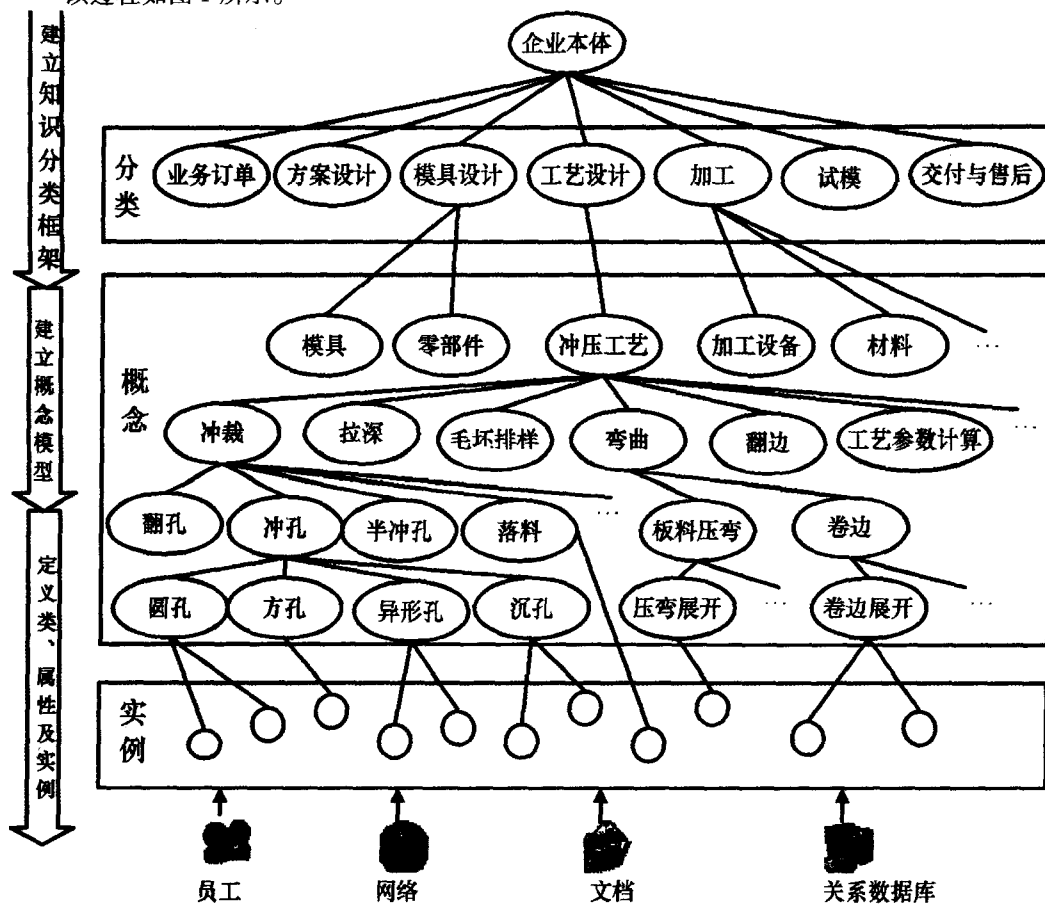


图 1 构建知识库的知识准备过程

### (1) 面向模具生产的知识分类框架。

模具企业知识种类繁多,并且模具生产大多要经历业务订单、方案设计、模具设计、工艺设计、加工、试模、交付与售后几个阶段,每个阶段都会应用相对独立的领域知识,因此按照模具生产过程对知识进行分类比按模具概念进行分类更适合模具企业的组织结构。

在对知识进行分类的时候要根据企业实际的生产流程,结合企业部门组织结构建立面向模具生产的知识分类框架。

### (2) 建立模具企业概念树。

本体中的概念模型指通过抽象出客观世界中的一些现象的相关概念而得到的模型<sup>[3,4]</sup>,建立模具企业概念树的目的就是以知识分类框架中的每一阶段为单位,获取该领域的知识,确定该领域内共同认可的词汇,提供对该领域的共同理解<sup>[5]</sup>。建立概念树可以采用自顶向下的方法来建立各阶段的概念分类层次,即从最大的概念开始,通过添加子类来细化该概念,而后用领域概念本体树表示。概念中的名词是类名的基础,动词或动词短语是属性名的基础,初步建立的概念树需要在企业实施的过程中不断地扩充与完善。

### (3) 定义类、属性及其实例。

本阶段对收集的知识进行分析抽象,进而建立本

体模型,过程见图 2。细分为以下几个步骤:

1) 首先把上一阶段收集到的概念转化为类,定义类之间的关系。本体的类就是用来描述领域的概念,上一阶段的概念大部分可直接转化为 OWL 中的类。类之间的关系用于描述概念间分类化、层次化的继承关系以及相互间的关联关系,概念树的建立也基本完成了类的分

层关系,关联关系主要定义类之间的不相交关系,如图 2 中概念中同一级中的自由冲孔和精密冲孔不相交,即一个零件的冲孔不能同时为自由冲孔又为精密冲孔。

2) 定义类的属性。OWL 有两种属性:对象属性 (Object Properties) 和数据类型属性 (Datatype Proper-

ties)<sup>[5,6]</sup>。对象属性定义类之间的相互关联,例如图2中对工作零件1冲圆孔,冲孔和被冲孔就是对象属性,这两个属性为互逆属性;数据类型属性将 OWL 类与数据类型值相关联,例如工作零件可以定义采用材料、厚度条码几个属性,冲圆孔可以定义圆孔直径、冲压力两个属性,这种属性为数据类型属性。

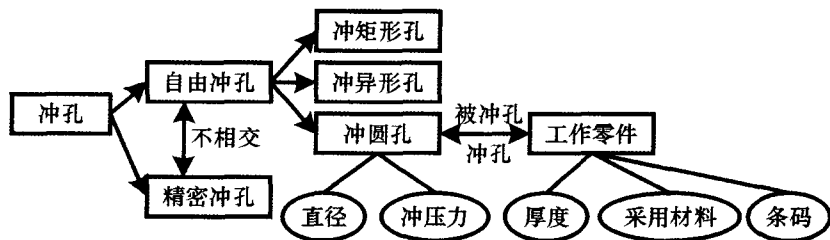


图2 定义类、属性及其实例

3)定义实例。定义本体是为了用本体来组织集合实例,将这些集合实例填入本体是一个独立的步骤,实例经常是从原有的数据源,如数据库、文本库中检索得到的。根据已有知识添加实例是非必须步骤,在“基于流程的经验知识库完善”步骤中,将根据模具企业生产流程中具体的业务场景,提出基于 Web 界面、结合概念图表示方法,帮助用户表达经验知识,最终把经验知识添加到知识库中。

(4)借助 Protégé 工具完成 OWL 本体建模。

Protégé 是斯坦福大学开发的免费、开放源码的本体编辑和知识获取软件,由于其优秀的设计和众多的插件,Protégé 已成为目前使用最广泛的本体论编辑器之一<sup>[7,8]</sup>。采用 Protégé 本体编辑工具,编辑上述已准备好的知识,能够较好地建立完备、统一的基于描述逻辑的 OWL 本体库。

### 3 OWL 本体的推理

OWL 本体描述语言本身不具备推理和计算能力,需要通过推理机对它的描述内容进行推理,通过给定的知识获得隐性的知识,实现检测冲突和优化表达。本体过于庞大就容易造成效率的低下,所以本体应用也不能把所有隐性的知识显式的表示出来。本体推理要在本体表示能力与推理复杂度之间取得平衡,文中构建的 OWL 本体库的推理主要集中在一致性检查和本体概念分类完善两个方面。本体的一致性是指两个概念在逻辑上不相交,那么它们的子概念或等价概念之间在逻辑上也是不相交的。例如上面建立的分类树中,定义“冲裁”和“弯曲”是两个不相交的类,它们分别有子类“冲孔”和“板料压弯”,如果有一个实例既属于“冲孔”也属于“板料压弯”,那么这个本体就是不一致的。概念的分类完善主要是指指定某一概念,可以计算其父概念、子概念和等价概念等关系。例如假设

定义了“冲孔”的一个实例 A,那么实例 A 也是“冲裁”的实例。

基于 Tableau 算法的本体推理机 Pellet 是基于 Java 语言开发的开源产品,并且为开发用户提供了详细的参考文档和示例代码,在功能上能够很好地支持 OWL-DL 语言表达,不仅可以检查领域本体的一致性,

还可以挖掘本体隐含知识协助完善本体的分类<sup>[9,10]</sup>,而且 Protégé3.4 版本附带有 Pellet 推理机支持,故文中采用 Pellet 本体推理机来实现 OWL 本体的推理。Pellet 推理的具体过程见图3, Protégé 建立的初始的 OWL 本体经

过解析读入到 Pellet 推理机, Pellet 推理机中的 Tbox 主要对本体库中的概念集合进行一致性检查和分类完善, Abox 主要对本体库中的实例集合进行一致性检查和个体获取(为用户查找特定概念的实例),经过 Tbox 和 Abox 推理后, Pellet 将一致且分类完善的 OWL 本体返回给 Protégé,最终存入 OWL 知识库,供 SPARQL 的标准查询。

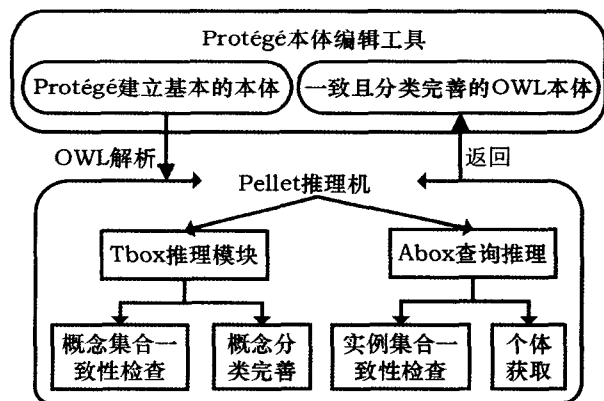


图3 Pellet 推理过程

### 4 面向过程的经验知识库完善

经过前面几个步骤,已经构建了一致且分类完善的 OWL 本体,这个构建过程主要面向领域专家和本体开发者,需要较大的人力投入,在企业生产流程中,需要业务参与者把自己的经验知识添加到知识库中,来扩展和完善经验库,这种面向生产流程的知识库完善更符合企业的实际情况。因此有必要建立一种面向用户的本体表示方法,帮助业务参与者完成经验知识积累,实现在生产过程中扩展和完善经验库。文中结合概念图表示方法帮助用户表达经验知识,并实现概念图向 OWL 本体的转换,最终把经验知识添加到知识库中,实现基于生产流程的知识库扩展与完善。概念图(Conceptual Graphs, CGs)知识表示语言能够完整地表示

达一阶逻辑和高阶逻辑,并且开发了一套直观的标记,具有表达能力强、表达直观、易于实现且可靠性好等特点。

### (1) 面向用户的概念图表示方法。

概念图是利用概念以及概念之间的关系表示和组织结构化知识的一种可视化方法<sup>[11,12]</sup>。其形式化定义为:

$CG = \{ \text{Concept}, \text{Relation}, F \}$ , 其中:

$\text{Concept} = \{ c_1, c_2, \dots, c_n \}$ , 指概念节点 (Concept Nodes) 的集合;

$\text{Relation} = \{ r_1, r_2, \dots, r_m \}$ , 指关系节点 (Relation Nodes) 的集合;

$F (\text{Concept} \times \text{Relation}) \cup (\text{Relation} \times \text{Concept})$ , 指弧的集合。

概念图包括两种节点:概念节点和关系节点,有向连接弧的方向代表概念节点和关系节点之间的联系。例如:对一零件冲圆孔,其对应的概念图如图4所示。

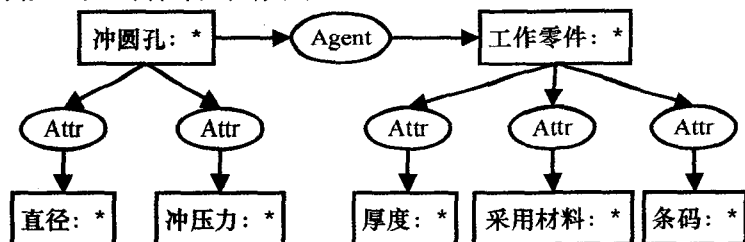


图4 概念图表达冲孔经验知识示例

由于概念图表达经验知识带来了一定的复杂性,为了最大限度方便业务人员进行建模操作,文中采用文献[13]提出的通用概念图方式简化建模操作。该通用概念图主要包括“事件”、“场景”、“分析”、“方案”四个方面,这种建模过程符合业务人员解决问题的思维过程,能够帮助企业在实际的生产流程中,逐渐积累经验知识。在Web界面,系统读出已有OWL本体库的所有概念和属性,作为概念图建模的领域词库,业务人员通过使用领域词汇进行建模。

### (2) 概念图向OWL本体的转换。

用户在Web界面创建的概念图需要转化为OWL本体,以便存储到知识库。文中提出一个基于Java语言的概念图到OWL本体的转换器,其基本过程如图5所示。

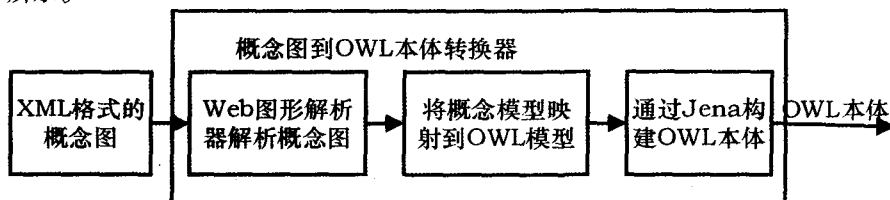


图5 概念图到OWL本体的转化  
通过Web图形工具包将概念图序列化成特定的

XML文件并提交给转换器,转换器通过Web图形并根据预定义的映射规则转换为对应的OWL语义类型的概念、关系节点,最后借助惠普实验室开发的Jena工具包生成相应的OWL本体文件。转化器最核心的环节是将概念模型映射为OWL模型,这一过程依赖于基本映射规则的建立:

$CG: \text{Concept Node} \Rightarrow owl: \text{Class};$

$CG: \text{Relation Node} \Rightarrow owl: \text{ObjectProperty};$

$CG: F \text{ 起始端对应的 Concept Node} \Rightarrow rdfs: domain;$

$CG: F \text{ 终止端对应的 Concept Node} \Rightarrow rdfs: range.$

根据以上建立的规则对概念图进行遍历操作,完成概念图到OWL本体的映射。

### (3) 本体融合。

通过上面两个步骤,实现了通过概念图方式最终生成OWL本体,如何把生成的OWL本体融合到OWL本体库中就是本体融合需要做的事情。本体融合是指

从原来的两个或更多的本体中创建一个全新的本体,文中提出的本体融合主要指把通过概念图方式建立的新本体加进已有本体库,实现已有本体库的扩展与完善。由概念图建模过程可以看出,新建OWL本体概念从已有本体库读出,目的在于在生产过程中向已有本体库中添加

具体实例,因此采用并集法就能满足本体融合需求。在本体融合连接中,直接将相应的概念合并为同一个概念,保持原有结构复制到新的本体结构中,就可实现本体融合,建立扩展后的新本体。通过概念图的方式,在生产过程中扩展本体库,并结合Protégé工具实时删除已过时概念、关系、实例等,最终实现本体完善与本体进化。

## 5 应用案例

基于“十一五”国家科技支撑计划项目“基于SOA的模具设计制造集成平台”,按照文中提出的知识系统构建方法,集成平台成功实现了模具企业知识集成模块,该模块充分利用模具生产过程中逐渐积累的经验知识,通过简单直观的通用概念图方式方便业务人员

扩展和完善知识库,为模具企业经验性知识库构建提供完整的方案。知识库构建与系统功能实现见图6。

知识库构建及使用过程如下:

1) 本体开发者在领域专家的协助下,完成知识准备和知识分析,通过Protégé工具建立基本的OWL本

体库;

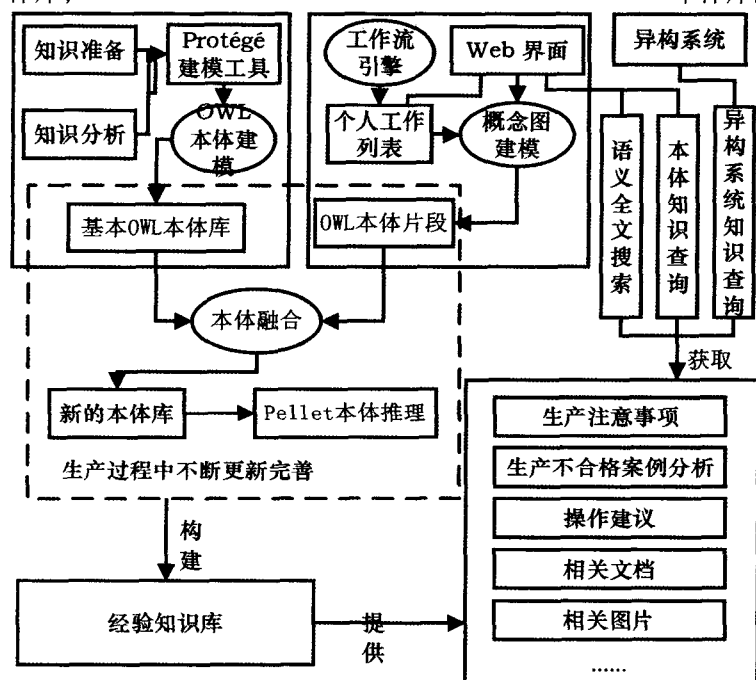


图6 知识库构建与系统功能实现

2)企业管理者通过集成平台中的工作流引擎,为业务参与者分配个人工作任务,让业务参与者进行概念图建模,积累经验知识;

3)业务参与者通过集成平台开发的 Web 概念图建模界面进行建模,调用系统服务实现概念图向 OWL 本体转换,在实际生产中扩充和完善 OWL 本体库;

4)基本本体库与概念图方式生成的 OWL 本体进行融合,形成更新的本体,经过 Pellet 本体推理检查一致性和分类完善,概念图每次新增一个本体片段,这一过程进行一次,使本体库在生产过程中不断更新完善;

5)集成平台通过 Web 界面为用户提供本体知识查询和语义全文搜索功能,帮助用户调用系统服务,获取经验知识库中的各种知识;

6)集成平台通过企业服务总线实现异构系统的知识重用,方便异构系统获取经验知识库中的知识。

## 6 结束语

文中在深入分析模具企业的知识特点和知识集成现状的基础上,阐述了采用 OWL 本体描述模具企业经验性知识的优势。按照面向模具生产流程的概念模型指导模具企业进行知识准备、知识分析,并使用 Protégé 建模工具、Pellet 本体推理机、Web 概念图界面实现 OWL

本体库的建立和完善。该方案能指导模具企业快速构建经验性知识库,为模具企业构建经验性知识库,为模具企业经验性知识提供获取机制,使业务工作者能够在生产流程中积累经验知识,最终为知识集成系统的建立和知识重用打下基础。经验知识库的建立为模具设计和加工中经验性强的环节提供技术指导,从而提高模具的设计和生产效率,促进企业的可持续发展。

## 参考文献:

- [1] Huang Ning, Diao Shihan. Ontology-based enterprise knowledge integration [J]. Robotics and Computer-integrated Manufacturing, 2008, 24 (4): 562-571.
- [2] 韩 轲,黄永忠,刘振林,等. OWL 本体构建方法的研究[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(6): 1397-1399.
- [3] 邓志鸿,唐世渭,张 铭,等. Ontology 研究综述[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2002, 38(5): 730-738.
- [4] Studer R, Benjamins V R, Fensel D. Knowledge Engineering: Principles and Methods [J]. Data and Knowledge Engineering, 1998, 25 (1-2): 161-197.
- [5] 宋 炜,张 铭. 语义网简明教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004: 45-115.
- [6] 于 娟,马金平,李 永. 基于 Web 本体语言 OWL 的知识表示[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27 (22): 4356-4357.
- [7] W3C. Knowtator [EB/OL]. [2009-07-17]. <http://knowtator.sourceforge.net/>.
- [8] What is Protégé? [EB/OL]. [2008-06-20]. <http://protege.stanford.edu/overview/>.
- [9] 龚 资. 基于 OWL 描述的本体推理研究[D]. 吉林: 吉林大学, 2007.
- [10] 李永超,罗 钧. 语义 Web 中的本体推理研究[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(1): 102-103.
- [11] 张会平,周 宁,陈勇跃. 概念图在知识组织中的应用研究[J]. 情报科学, 2007, 25(10): 1570-1574.
- [12] Marshall B, Chen H, Madhusudan T. Matching knowledge elements in concept maps using a similarity flooding algorithm [J]. Decision Support Systems, 2006, 42(3): 1290-1306.
- [13] 胡 沙,杨双荣,李建军. 基于经验反馈模型的模具企业知识获取框架[J]. 计算机应用, 2009, 29(5): 1456-1460.

《计算机技术与发展》欢迎投稿, 欢迎订阅!