

国外本体协调研究前沿进展及热点分析 *

滕广青 毕 强

摘 要 近年来国际学术界在本体对应研究方面呈现三个主要特征:一是投入了更多关注,使相关研究日臻成熟;二是在开放语义网络环境下,研究人员更青睐于多本体的匹配与对应,并且本体对应已成为学术界构建适于分布式网络结构的多本体协同系统的主要手段;三是越来越多的研究成果已经从基础理论研究转向了针对具体问题的实证研究。但开放性、分布式的语义 Web 环境对现有不同本体间的协调应用提出了挑战。通过对 2000 年以来国际学术界关于本体协调相关文献和研究成果的梳理,阐明了以本体映射为核心的本体协调各要素之间的关系,并对本体合并、本体集成与本体对应三条本体协调主要发展路径的前沿热点进行了分析,指出未来本体协调的相关研究将继续沿着“本体构建→本体合并→本体集成→本体对应”这一总体路径向前发展。图 1。表 1。参考文献 34。

关键词 本体协调 本体映射 本体合并 本体集成 本体对应

分类号 G350

Recent Progress and Future Trends in the Research of Ontology Mediation: Evidence from Abroad

Teng Guangqing & Bi Qiang

ABSTRACT Ontology as a kind of ideal semantic Web annotation system has become the undisputed facts, however, open and distributed semantic Web environment puts forward the challenge to the Interoperable applications between the existing different ontologies. Based on the relevant literatures and research results on ontology mediation in international academic since 2000, this article expounds the relationship among the various elements with ontology mapping as the core of ontology mediation, and analyses the hot front of three main development paths including ontology merging, ontology integration and ontology alignment (aligning or matching). Finally, it proposes a research path, “ontology construction →ontology merging →ontology integration →ontology alignment/aligning/matching”, and points out some future development trends in order to provide references for domestic ontology mediation study. 1 fig. 1 tab. 34 refs.

KEY WORDS Ontology mediation. Ontology Mapping. Ontology Merging. Ontology Integration. Ontology Alignment/Aligning/Matching.

1 引言

近年来,本体工程的相关研究已经成为语义网研究的核心内容之一,国内外研究者在本体构建 (Ontology Construction) 领域已积累了较为丰富的研究成果,一批以本体构建、编辑和推

理为目的的本体工具应运而生。但是,随着本体工程相关研究的日渐深入,以及基于不同目的和项目的中小规模本体的纷纷涌现,如何整合利用现有本体,实现不同本体间的互操作,以及基于不同本体的知识共享和复用等问题在本体工程相关研究中越来越引起关注。

本体协调 (Ontology Mediation) 是现代语义

* 本文系国家自然科学基金项目“基于概念格的数字图书馆知识构建研究”(编号:70973044)的研究成果之一。
通讯作者:毕强,Email:biqiang12345@163.com

网中不同本体之间克服分歧、复用本体、解释数据,实现领域本体有效应用的重要手段。通过本体协调可以在不同组织、不同领域实现知识的共享和复用,提升语义网络的服务质量。因此,本体协调的相关研究已成为近年国际学术界在本体工程领域普遍关心的热点问题。

本文通过对2000年以来国际学术界关于本体协调相关文献和研究成果的梳理,阐明了以本体映射 (Ontology Mapping) 为核心的本体协调 (Ontology Mediation) 各要素之间的关系,并对本体合并 (Ontology Merging)、本体集成 (Ontology Integration)、本体对应 (Ontology Alignment/Aligning/Matching) 三个本体协调主要发展路径的前沿热点进行分析。最后在对本体协调相关研究进行总结的基础上,对其未来的发展趋势作出展望,以期为国内本体协调的研究提供借鉴。

2 以本体映射为核心的本体协调各要素间的关系

纵览近年国际学术界本体工程领域中的相关文献,不难发现与本体协调相关或相近的名词和术语可谓种类繁多。其中,Ontology Mediation (本体协调)、Ontology Mapping (本体映射)、Ontology Merging (本体合并)、Ontology Integration (本体集成)、Ontology Alignment/Aligning (本体对应)、Ontology Matching (本体匹配) 等专业名词在本体工程领域的相关文献中具有很高的使用频率。此外,还包括 Ontology Interoperability (本体协同)、Ontology Correspondence (本体通信)、Ontology Maintaining (本体维护)、Ontology Translation (本体转换) 等词频略低的专业术语。事实上,一些本体领域的相关研究在具体的专业名词术语的使用上还存在一定的模糊性,因此,借助对本体领域相关文献的梳理和分析,在众多专业名词和术语中识别出该领域的核心概念,并作出较清晰的界定,进而构建出本体协调各要素间的关系框架,是把握该研究领域全貌的首要条件。

首先,本体协调与本体构建是一种交叠、发展的关系。本体协调一般是指对现有本体的加工整合处理,强调本体的共享与复用^[1],其与本

体构建既有区别又有联系。从国际图书情报学界本体的过程来看,本体构建主要包含两方面内容:一方面是指本体从无到有的创建过程;另一方面也包括基于源本体构建目标本体的过程。而本体协调的相关文献则更强调在现有本体的基础上进行加工整合处理的过程,其研究内容并不包括从无到有的本体创建过程。就二者的研究目标而言,本体构建的结果一定是生成某一个领域本体,而本体协调的目标则既可以是某个新的领域本体,也可以是某几个相关本体的协同系统。因此,一些研究者也把本体协调视为本体构建之后的拓展环节。

其次,本体协调是以本体映射为核心的本体继承和拓展。本体映射是本体协调相关文献中使用词频最高的专业术语之一,主要是指将源本体中的实体(概念)映射到目标本体中,或者是在不同的现有本体中建立起实体(概念)间的映射关系^[2]。在本体协调的相关文献中,如果本体协调的结果是将几个相同或相关领域的本体整合为一个新的单一的领域本体,则属于归一化本体协调;如果本体协调的结果是在几个相关领域的本体间建立通信以实现互操作为目标的多本体协同系统,则属于分布式本体协调。归一化本体协调中,如果协调的对象是相同主题的领域本体,这种本体协调在更多的时候也被具体称为本体合并^[3];如果协调的对象不同但却是相关主题的领域本体,则称为本体集成^[4]。在归一化本体协调中,本体映射的目的主要是实现不同源本体到目标本体的实体(概念)映射。分布式本体协调主要针对具有互补性的相关领域的现有本体。分布式本体协调中,发现和识别不同本体中语义相关的实体间通信联系的过程被称为本体匹配,而本体匹配的成果往往又被统称为本体对应^[5]。由于本体匹配和本体对应同属于构建多本体协同系统不可分割的组成部分,许多本体协调的相关文献中往往将二者合并论述,而且英文单词“Matching”本身又含有“对应”的含义,因此,本研究将其统称为本体对应。在分布式本体协调(本体对应)中,本体映射的目的主要是在不同本体的实体(概念)间建立起相互映射关系。

总体而言,通过对当前国际学术界本体协

调相关文献的梳理可以看出,本体协调是对不同本体的整合与协同,而本体协调过程中的本体映射则是对不同本体中实体(概念)的匹配与关联。本体协调的处理对象是宏观的本体,而本体映射的处理对象则是微观的处于本体中的实体(概念)。换句话说,本体协调是对现有本体的继承和拓展,而本体映射则是继承和拓展现有本体所依据的原则。因此,本体映射是本体协调过程中最基础的环节,并分别融入在本体协调的合并、集成与对应过程中(本文将不再单独讨论本体映射),且担负着不可替代的核心作用。以本体映射为核心的本体协调各要素(本体合并、本体集成、本体对应)之间的关系如图1所示。

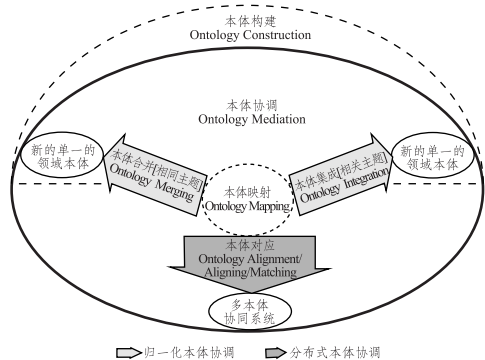


图1 以本体映射为核心的本体协调各要素间关系框架

3 归一化本体协调的前沿热点分析

当前国际学术界对归一化本体协调的相关研究可以归纳为本体合并与本体集成两条路径。本体合并主要通过对同一领域多个源本体的整合构建该领域新的单一连贯的本体,合并过程中强调对源本体的继承,合并后的本体一般改变较小。而本体集成则是将相关领域的不同源本体进行融合,集成过程中除了对源本体的继承外还要实现不同源本体的差异互补,集成后的本体相比源本体有较大幅度的改变。这两种本体协调研究路径的主要目的都是为了建立新的更具统驭性的领域本体,因此也可以将其理解为在本体共享与复用思想指导下的基于源本体的目标本体构建(参见图1上部半圆区

域)。

3.1 本体合并

近年来,随着本体成为语义 Web 中最受关注的注释系统,本体工程师们开发了许多基于不同学术背景、研究目的和应用方向的领域本体。但是,不同人员和不同环境下开发出的本体即便是处于同一主题之下仍然存在很大的差异。另一方面,本体构建活动的这种分散性也导致许多本体所涵盖的领域存在大量重叠。这使得即使同一用户行为在同一主题的不同本体的支持下也可能会产生不同的结果,而若为实现新目标重新创建本体则又势必进行大量重复工作且耗时费力。解决这一问题的方法之一就是対现有本体进行合并,进而实现在不同应用项目中的本体复用。

比较有影响力的本体合并方法当属斯坦福大学的 Noy 和 Musen 基于 Protégé - 2000 本体编辑环境在 PROMPT 套件中提出的 iPROMPT^[6]。iPROMPT 使用本体中的概念结构、概念关系以及用户行为引导用户互动地完成本体合并。iPROMPT 能够建议用户哪些是该被合并的,并可以识别出矛盾和潜在问题,进而提供解决策略。如果 iPROMPT 的分析初步识别出不同本体中的两个类是相似的,并且用户合并了它们各自的一些子类,iPROMPT 则认为这些类就是相似的类。另一个经典的本体合并方法是希腊学者 Kotis 和 Vouros 提出的 HCONE^[7],该方法强调对现有本体中概念非形式化解释的语义“发现”,采用潜在语义索引(Latent Semantics Indexing, LSI)的方法识别非形式化的、以人为本的概念关联。HCONE 最终能够通过描述逻辑的推理服务将形式化的概念转化为共同词表,提高了合并过程中本体和最小公理集之间映射的有效性。iPROMPT 和 HCONE 两种本体合并方法,分别引领了后续研究的两种主要路径,iPROMPT 在本体合并过程中侧重于概念的结构和关系这些形式化的因素,启蒙了形式化本体合并研究的思路;HCONE 则是着重于非形式化的潜在语义分析,成为非形式化本体合并研究的主要代表。

除此之外, DynaMerge^[8]、ASP&LK (Answer

Set Programming & Linguistic Knowledge)^[9]、HS (Hybrid Strategy)^[10]、ATOM (Automatic Target-Driven Ontology Merging)^[11]等一些新颖的本体合并方法在最近三年中陆续发布。这些方法或者着重于目标本体生成的动态进程,或者借助于语言学知识,亦或强调混合策略以及目标驱动,从不同角度和层面丰富了本体合并领域的研究成果。

需要说明的是,在本体合并的相关研究中,有一种特色鲜明的研究方法在最近十年中一直长盛不衰,这就是基于形式概念分析 (Formal Concept Analysis, FCA) 的本体合并方法。以 Stumme 为代表的一批学者将形式概念分析引入了本体工程领域^[12],并陆续发表了一系列文章,翔实地对基于形式概念分析的本体合并方法进行探讨。2001 年,Stumme 和 Maedche 提出了著名的 FCA-Merge^[13]本体合并方法,该方法为本体的合并进程提供了“自底向上”的结构化描述。FCA-Merge 将通过自然语言处理 (Natural Language Processing, NLP) 和形式概念分析诱导出的概念格 (Concept Lattice) 作为结构化结果,并通过剪枝概念格 (Pruned Concept Lattice) 生成新的目标本体。2003 年,形式概念分析的奠基者之一 Ganter 与 Stumme 合作提出了 OntEx (Ontology Exploration)^[14]本体合并方法。OntEx 借助属性探测知识获得技术和形式概念分析,采用“自顶向下”的方法避免了本体合并进程中的冗余,尤其适用于精确度要求较高的顶层本体的合并。其后几年中,形式概念分析在本体工程领域的成功应用也吸引了其他研究人员的加入。形式概念分析以及由其扩展而来的关联概念分析 (Relational Concept Analysis, RCA) 被更多研究者应用于本体合并的相关项目^[15],并在目标本体新概念的产生与标识、冗余及非相关概念的消除、合并进程自动化等方面取得了诸多进展^[16]。

通过对本体合并核心文献的梳理和分析可以看出,本体合并主要是针对相同领域或相同主题条件下,基于现有本体对领域知识体系的重组。也正因为这一原因,使得本体合并研究在取得较为丰富的成果的同时,其专注于相同主题的限制性也逐渐显露。事实上,知识领域

的问题往往难以绝对严格地界定其属于非此即彼的领域范畴或疆界。因此,基于同一知识领域范畴的本体合并并不能解决本体协调中的所有问题,这也是一些研究者把归一化本体协调研究的对象关注于不尽相同但却是相关领域的源本体的一个主要原因。

3.2 本体集成

与本体合并不同的是,本体集成的协调对象主要针对相关主题的源本体,而不是相同主题的源本体。通过本体集成组装聚合而得到的集成后的目标本体会在外延、专指度、适应性等方面发生相对于源本体的改变^[17]。因此,相对于本体合并而言,本体集成的相关研究要面对更多的挑战。斯坦福大学的 Noy 认为,本体集成面对的挑战主要来自以自动或半自动的方式发现源本体之间的相似与不同、定义本体间的映射、开发本体集成的体系结构、构建穿越不同本体的映射以及映射中不确定性和不精确性的呈现这五个方面^[18]。目前本体集成的查询法^[19]、八步法^[20]、弱连法^[21]等尚不足以妥善地应对和解决这些挑战,由此也造成本体集成的相关研究成果多样但却松散。

在 21 世纪的第二个五年中 (2005 - 2009),随着本体合并专注于相同主题的限制性逐渐显露,以相关主题的领域本体为主要协调对象的本体集成研究则处于最活跃时期。其中比较新颖的本体集成方法包括混合法^[22]、概念空间法^[23]和 ContentMap 法^[24]等。Alasoud 等人提出的混合法建立了一种介于物化 (数据仓库) 和虚拟化 (查询) 之间的混合本体集成方法,该方法通过集成视图和局部框架之间的映射构建了本体集成的通用架构,并以此提高核心概念提取和查询的效率,在一定程度上对早期基于查询的本体集成方法进行了拓展。Dietze 则利用概念空间 (Conceptual Spaces) 扩展了一阶逻辑的本体,并用距离度量的方式表示概念空间中实例间的语义相似度,从而实现相似度检测的自动化处理。ContentMap 本体集成方法由 Jiménez-Ruiz 及其合作者提出,ContentMap 方法首先计算出待集成本体间的映射,并根据给定的标准对计算所得的映射进行过滤,然后对集成前后

的逻辑差别和冲突作出评价,从而通过映射在
本体集成过程中获得正确的逻辑推理。

尽管本体集成研究的成果比较丰富,但其
本质思想仍然局限于建立单一连贯的目标本
体,没能摆脱早期大一统的本体指导思想。而
庞大统一的集中式本体在语义 Web 的分布式
结构环境中存在明显的缺陷,虽然本体集成以“
相关主题”超越了本体合并“相同主题”的研
究范畴,但是以追求标准、统一、规范、权威
为本体集成,显然在满足现代语义 Web 分布
式结构下的各种需求方面不能尽如人意。此
外,研究中还发现一个有趣现象,即本体合
并的研究成果主要来自日尔曼语系(英、德
等)的学者,而本体集成的研究则以拉丁语
系(法、意、西、葡等)的研究者为众。也许
正是这些研究人员的语言与文化背景促成了
本体合并的研究呈现出保守严谨、焦点集中
、成果体系化的特征,而本体集成的研究则
纷繁多样、成果目标相对松散。

4 分布式本体协调的前沿热点分析

人类的知识体系浩瀚无边,在归一化本体
协调中单纯依赖本体合并和本体集成而得到

新的单一的本体显然无法包容和涵盖所有相
关的知识,且随着本体合并与本体集成而日趋
庞大的目标本体也逐渐显露出其在开放性、
动态化、分布式的网络环境下的低效与迟滞。
因此,在现存本体之间建立语义连接,以实
现本体通信和本体协同为手段,以构建多本
体协同系统(非单一本体)为目的的分布式
本体协调研究近年来在本体工程领域越来
越受到研究者们的重视。

当前,分布式本体协调的主要形式就是本
体对应,本体对应在国外的相关文献中常用
Ontology Alignment、Ontology Aligning、
Ontology Matching 等术语表述,本研究中
统称为本体对应(Ontology Alignment/
Aligning/Matching)。国际学术界中,本
体对应研究成果发布的高峰期要比本体集
成研究的活跃期晚大约一年,但就其最近
五年的成果发表数量来看,本体对应相关
研究的热度与势头却远远超过本体合并
与本体集成。较早的本体对应的相关成果
中并没有脱离本体合并的影子,Noy 和
Musen 提出的 iPROMPT 方法^[25]就是
同时基于本体合并和本体对应两个目标
的。然而,随着后期本体协调领域中本
体对应研究的热潮逐渐兴起,OLA^[26]、
FOAM^[27]、oMAP^[28]、COMA++^[29]、
S-MATCH^[30]等一系列新颖的本体合并
方法脱颖而出(见表1)。

表 1 几种本体对应的方法

方法	针对环境	主要特点
OLA	OWL-Lite	相似度范式、Fixed-Point-Boun
FOAM	OWL-Full	标签和分类、个体特征和结构特征
oMAP	OWL	最佳映射、机器学习
COMA++	SQL、XML、OWL、RDF	多算法、多策略、图形化、忽略节点类型
S-MATCH	XML	概念、匹配库、兼顾元素与结构

表1所列示的本体对应方法中,OLA(OWL-
Lite Alignment)是针对 OWL-Lite 本体语言
的一种本体对应方法。该方法基于相似度范
式,利用“Fixed-Point-Bound”过程迭代产
生的近似值,依赖统一的量度标准对不同本
体中的实体加以比较。FOAM(Framework
for Ontology Alignment and Mapping)是
针对 OWL-Full 本体语言环境的本体对应
方法。该方法利用标签和分类定义个

体特征和结构特征,以此进行实体相似度的
评价和聚集,通过迭代实现相似度传播。o
MAP 本体合并方法也是针对 OWL 本体语
言环境,其目的是自动发现定义在 OWL 本
体中的实体间的最佳映射,并通过机器学习
的方法对不同的分类进行比较,从而获得最
终的映射关系。COMA++(COmbining
MAtch)是支持多语言环境(SQL、XML、
OWL、RDF)、多算法和多策略的

本体对应方法。该方法首先把待处理的本体转化为图形表示,图形中的节点表示本体中的类,节点间的连线代表类间的关系,进而在不考虑节点类型的情况下依据相应策略对节点进行匹配,从而获得相似度指标。S-MATCH 是基于 XML 环境的,兼顾本体元素和本体结构两个层面的本体对应方法。S-MATCH 利用图形中节点对应的概念而不是标签来确定节点间语义关系,并根据语义关系构建映射,通过本体元素匹配库保证了匹配结果在结构上的正确性和完整性。其更新版本更是在词义消歧、匹配过程中的矛盾管理以及算法优化等方面得到加强。

随着本体对应相关研究的不断深入和拓展,近年来一些针对具体应用领域的本体对应方法也相继涌现。其中包括针对生物医学领域的 SAMBO (System for Aligning and Merging Biomedical Ontologies) 方法^[31]、针对安保领域的 SAMOA (Semi-Automated Ontology Alignment Approach) 方法^[32]以及针对社会福利领域的 MAX-SUM 方法^[33]等。

近年来国际学术界在本体对应研究领域的相关成果极其丰富,昭示出本体对应相关研究的三个主要特征:①国际学术界在本体协调研究领域,针对本体对应这一研究方向投入了更多的关注,使得相关研究日臻成熟;②在开放语义网络环境下,越来越多的研究人员更青睐于多本体的匹配与对应,并且本体对应已成为学术界构建适于分布式网络结构的多本体协同系统的主要手段;③随着本体对应相关研究的不断深入和成熟,越来越多的研究成果已经从基础理论研究转向了针对具体问题的实证研究。

5 总结与展望

通过对近十年来国外本体协调研究相关文献的归纳与梳理,得出四条结论:①以知识共享和本体复用为目的的本体协调主要以本体映射为核心,各类本体协调过程中知识的传递与转换几乎都是首先通过本体内实体(概念)层面的映射来实现的。②形式概念分析(FCA)凭借其在揭示概念间关系方面得天独厚的优势,在本

体合并领域占有相对独立的一席,并已经有学者将其运用于本体对应的相关研究^[34]。③当前本体协调的相关研究中,原本看似相互平行的本体合并、本体集成与本体对应三条路径可以进一步归纳为“本体构建→本体合并→本体集成→本体对应”,虽然各部分之间并没有切割鲜明的时间界限,但就其各部分发展的高峰期来看具有相对明显的时间先后顺序。④尽管在某些领域中关于本体合并与本体集成的研究仍在继续,但是语义 Web 的开放式结构使得本体协调的研究重心已经转移到本体对应方面。

未来本体协调的相关研究将继续沿着“本体构建→本体合并→本体集成→本体对应”这一总体路径向前发展。其中,本体合并和相同主题本体协调方面仍有进一步发展的空间,而本体集成相关研究则逐渐趋于淡化。事实上,2009 年之后,本体集成相关研究的发文量明显下降。另一方面,自 2005 年开始每年一次的 OAEI (Ontology Alignment Evaluation Initiative) 国际会议则不断地推动着本体对应的相关研究向成熟化和实证化迈进。未来相关领域本体(不同本体)的协调将由本体对应承担主要角色,并且随着人类知识触角的不断延伸和交叉,多本体协同系统有可能在一些大领域、开放性、分布式的环境中完全取代单一本体。本体工程诚然不会以领域本体的构建作为终极目标,但也不会终结于本体合并或本体对应的研究现状。本体合并,尤其是本体对应的相关研究在未来一段时期内必将是本体协调研究领域的热点方向。

参考文献:

- [1] Buijn de Jos, Ehrig Marc, Feier Cristina, et al. Ontology mediation, merging and aligning [EB/OL]. [2011-03-13]. <http://disi.unitn.it/~p2p/RelatedWork/Matching/mediation-chapter.pdf>.
- [2] Choi Namyoun, Song Il-Yeol, Han Hyoil. A survey on ontology mapping[J]. ACM SIGMOD Record, 2006, 35(3): 34-41.
- [3] Shukla Apoorva, Bhutani Priyanka. Comparative study of ontology merging algorithms [EB/OL]. [2011-03-13]. <http://www.bvicam.ac.in/>

- news/INDIACom% 202010% 20Proceedings/papers/Group1/311. pdf.
- [4] Noy F Natalya. Semantic integration: A survey of ontology-based approaches [J]. ACM SIGMOD Record, 2004, 33(4) : 65 – 70.
- [5] Angele Jürgen, Bruijn de Jos, Ehrig Marc, et al. Ontology mediation, merging, and aligning [EB/OL]. [2011 – 03 – 16]. <http://www.scharffe.fr/pub/semantic-web-technologies-Wiley-2005. pdf>.
- [6] Noy F Natalya, Musen A Mark. The PROMPT suite: Interactive tools for ontology merging and mapping [J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2003, 59(6) : 983 – 1024.
- [7] Kotis Konstantinos, Vouros A George. The HCONE approach to ontology merging [C]. Proceedings of the 1st European Semantic Web Symposium. LNCS 3053. Berlin: Springer-Verlag, 2004: 137 – 151.
- [8] Scharffe François. Dynamerge: A merging algorithm for structured data integration on the Web [C]. Proceedings of DASFAA2007 International Workshop on Scalable Web Information Integration and Service. Singapore: World Scientific Publishing, 2007: 85 – 94.
- [9] Bock Jürgen, Topor Rodney, Volz Raphael. Ontology merging using answer set programming and linguistic knowledge [EB/OL]. [2011 – 03 – 18]. <http://disi. unitn. it/~p2p/OM-2007/8-P435BockWSOntoMergeASP. pdf>.
- [10] Robin Rene R C, Uma V G. A novel algorithm for fully automated ontology merging using hybrid strategy [J]. European Journal of Scientific Research, 2010, 47(1) : 74 – 81.
- [11] Raunich Salvatore, Rahm Erhard. ATOM automatic Target-Driven ontology merging [EB/OL]. [2011 – 03 – 25]. http://dbs. uni-leipzig. de/file/ATOM-ICDE11_demo_final. pdf.
- [12] Stumme Gerd, Maedche Alexander. Ontology merging for federated ontologies on the semantic Web [EB/OL]. [2011 – 03 – 26]. <http://citeseerx. ist. psu. edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.21.3387&rep=rep1&type=pdf>.
- [13] Stumme Gerd, Maedche Alexander. FCA-MERGE: Bottom-Up merging of ontologies [C]. Proceedings of the 17th International Joint Conference on Artificial Intelligence. San Francisco: Morhan Kaufmann, 2001: 225 – 230.
- [14] Ganter Bernhard, Stumme Gerd. Creation and merging of ontology Top-Levels [C]. Proceedings of the 11th International Conference on Conceptual Structure. LNAI 2746. Berlin: Springer-Verlag, 2003: 131 – 145.
- [15] El-Gohary N, El-Diraby T. Achieving ontology interoperability using formal concept analysis: An approach to Inter-Organizational Collaboration [EB/OL]. [2011 – 03 – 28]. <http://itc. scix. net/data/works/att/w78-2005-D5-2-El-Gohary. pdf>.
- [16] Curé Olivier, Jeansoulin Robert. An FCA-based solution for ontology mediation [J]. Journal of Computing Science and Engineering, 2009, 3(2) : 90 – 108.
- [17] Pinto Sofia Helena, Martins P João. A methodology for ontology integration [EB/OL]. [2011 – 03 – 29]. <http://www. l2f. inesc-id. pt/~joana/prc/artigos/10b%20A%20methodology%20for%20ontology%20integration%20-%20Sofia%20Pinto,%20Pavao%20Martins. pdf>.
- [18] Noy F Natasha. What do we need for ontology integration on the semantic web, position statement [EB/OL]. [2011 – 04 – 05]. http://ftp. informatik. rwth-aachen. de/Publications/CEUR-WS/Vol-82/SL_position_10. pdf.
- [19] Calvanese Diego, Giacomo De Giuseppe, Lenzerini Maurizio. A framework for ontology integration [EB/OL]. [2011 – 04 – 08]. <http://web. inf. unibz. it/~calvanese/papers/calv-degi-lenz-SW-WS-book-2002. pdf>.
- [20] Hall Mark. Ontology integration and evolution [EB/OL]. [2011 – 04 – 10]. http://www. edu. uni-klu. ac. at/mhall/data/courses/se_dke/se_dke-ontology_integration_mark_hall. pdf.
- [21] Majkić Zoran. Weakly-Coupled ontology integration of P2P database systems [EB/OL]. [2011 – 04 – 13]. <http://www. p2pkm. org/2004/Camera-Ready/1568938453. pdf>.
- [22] Alasoud Ahmed, Haarslev Volker, Shiri Nematollah. A hybrid approach for ontology integration [EB/OL]. [2011 – 04 – 12]. <http://www. cs. concordia. ca/~haarslev/publications/ODBIS-05. pdf>.
- [23] Dietze Stefan, Domingue John. Exploiting conceptual spaces for ontology integration [EB/OL]. [2011 – 04 – 15]. <http://events. sti2. at/dist2008/pa>

- pers/ExploitingConceptualSpacesForOntology Integration-dist2008. pdf.
- [24] Jiménez-Ruiz E, Grau Cuenca B, Horrocks I, et al. Ontology integration using mappings: Towards getting the right logical consequences [C]. Proceedings of the 6th european semantic web conference on the semantic web: Research and Applications. LNCS 5554. Berlin: Springer-Verlag, 2009: 173 - 187.
- [25] Noy F, Natalya, Musen A Mark. Anchor-PROMPT: Using Non-Local context for semantic matching [EB/OL]. [2011 - 04 - 15]. <http://se-pubs.dbs.uni-leipzig.de/files/Noy2001AnchorPROMPTUsingNonLocal.pdf>.
- [26] Euzenat Jérôme, Loup David, Touzani Mohamed. Ontology alignment with OLA [EB/OL]. [2011 - 04 - 16]. <http://ola.gforge.inria.fr/pdf/align-compet-EON.pdf>.
- [27] Ehrig Marc, Sure York. FOAM-Framework for ontology alignment and mapping results of the ontology alignment evaluation initiative [EB/OL]. [2011 - 04 - 18]. <http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-156/paper11.pdf>.
- [28] Straccia Umberto, Troncy Raphaël. oMAP: Results of the ontology alignment contest [EB/OL]. [2011 - 04 - 18]. <http://gaia.isti.cnr.it/~straccia/download/papers/KCAP05/KCAP05.pdf>.
- [29] Massmann Sabine, Engmann Daniel, Rahm Erhard. COMA + +: Results for the ontology alignment contest OAEI 2006 [EB/OL]. [2011 - 04 - 19]. <http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-225/paper9.pdf>.
- [30] Giunchiglia Fausto, Yatskevich Mikalai, Shvaiko Pavel. Semantic matching: Algorithms and implementation [C]. Journal on Data Semantics IX. LNCS4601. Berlin: Springer-Verlag, 2007: 1 - 38.
- [31] Lambrix Patrick, Tan He, Liu Qiang. SAMBO and SAMBOdf results for the ontology alignment evaluation initiative 2008 [EB/OL]. [2011 - 04 - 20]. http://disi.unitn.it/~p2p/OM-2008/oaei08_paper10.pdf.
- [32] Moser Thomas, Schimper Kathrin, Mordinyi Richard, et al. SAMOA-A Semi-Automated ontology alignment method for systems integration in Safety-Critical environments [EB/OL]. [2011 - 04 - 22]. <http://csde.ifs.tuwien.ac.at/csde/files/OnAV%202009.pdf>.
- [33] Spiliopoulos Vassilis, Vouros A George. Synthesizing ontology alignment methods using the max-Sum algorithm [EB/OL]. [2011 - 04 - 22]. <https://xvsn.whut.edu.cn/stamp/>, DanaInfo = ieexplore.ieee.org + stamp.jsp?tp = &number = 5710927.
- [34] Xavier Kleber, Souza de Sampaio, Davis Joseph. Aligning ontologies through formal concept analysis [EB/OL]. [2011 - 04 - 22]. http://www.cnptia.embrapa.br/~kleber/public/KXSS_iiwas2004_final.pdf.

滕广青 浙江外国语学院管理学院副教授, 吉林大学管理学院博士研究生。通讯地址: 长春市人民大街 5988 号, 吉林大学管理学院。邮编: 130022。

毕强 吉林大学管理学院信息管理系教授, 博士生导师。通讯地址同上。

(收稿日期: 2011-04-24; 修回日期: 2011-06-20)