

RABOLC——一种新的卫星通信网评估本体构建方法

袁伟伟^{1,2} 端义锋¹ 胡谷雨¹ 王志明³ 朱宝山⁴

(解放军理工大学指挥自动化学院 南京 210007)¹ (61096 部队 北京 100084)²

(第二炮兵装备研究院 北京 100094)³ (73047 部队 54 分队 镇江 212400)⁴

摘 要 卫星通信网评估本体(SCNEO, Satellite Communication Network Evaluation Ontology)具有知识适度复杂、构建目的简单明确、对本体扩展能力要求高的特点,因此难以套用典型的本体构建方法论进行构建。在已有本体构建方法论的基础上,结合 SCNEO 特点,提出了基于角色、活动、生命期的本体构建方法(RABOLC, Rule and Activity Based Ontology Life Cycle);按照 RABOLC 对 SCNEO 本体进行了构建;基于 RABOLC,可以在保证本体构建质量的前提下实现 SCNEO 的高效构建。

关键词 本体,本体构建,评估,卫星通信网,方法论

中图法分类号 TP391 **文献标识码** A

RABOLC—A New Methodology Used in SCNEO Building

YUAN Wei-wei^{1,2} DUAN Yi-feng¹ HU Gu-yu¹ WANG Zhi-ming³ ZHU Bao-shan⁴

(Institute of Command Automation, PLA University of S&T, Nanjing 210007, China)¹

(61096 Army, PLA, Beijing 100084, China)²

(Institute of Equipment Research of PLA 2nd Artillery Forces, Beijing 100094, China)³

(54th Team of 73047 Army, Zhenjiang 212400, China)⁴

Abstract Satellite communication network evaluation ontology (SCNEO) has characteristics such as moderate complexity, clear goal and high demands on scalability, and current ontology construction methodologies cannot be directly adopted to build SCNEO. A new ontology building methodology, namely Rule and Activity Based Ontology Life Cycle (RABOLC), based on some very successful methodologies was proposed. The procedure of building SCNEO under RABOLC was designed and discussed in detail. At last, SCNEO was built, which showed that RABOLC could be effectively and efficiently used to build SCNEO.

Keywords Ontology, Ontology building, Evaluation, Satellite communication network, Methodology

卫星通信网评估系统(SCNES, Satellite Communication Network Evaluation System)是自动化、系统化地对卫星通信网进行评估的有效手段。随着卫星通信越来越多地应用到各个领域,其网络规模不断扩大,设备一体化、复杂程度不断提高,提供的服务也日趋多样,系统评价的侧面也面临着多样化、个性化、复杂化的发展趋势。

卫星通信网运行数据是 SCNES 进行评估的基础,与评估数据紧密耦合的 SCNES 需要根据卫星通信网的不同而进行独立建设,其可重用性和可扩展性不高,提高了系统建设的成本。

本体^[1]作为“共享概念模型的形式化规范说明”^[2],用形式化的方法对领域内的共享概念及概念间的关系进行描述,可以有效地提高领域知识的共享和重用。将其应用到 SCNES 中,构建卫星通信网评估本体(SCNEO),利用 SCNEO 对 SCNES 中的知识进行表示,可以将 SCNES 中的应用与数据隔离,提高 SCNES 的可重用性和可扩展性。

人们在不同的实践和研究中提出了多种本体构建方法,但是卫星通信网本体由于具有知识适度复杂、构建目的简单明确、对本体扩展能力要求高的特点,因此难以完全按照现有的某种本体构建方法进行本体构建。在现有方法论的基础上,针对卫星通信网评估本体的特点,提出了一种新的本体构建方法 RABOLC,并将其应用到 SCNEO 本体构建中。

本文首先对 SCNES 的特点进行了分析,对典型的本体构建方法进行了回顾和总结;在现有方法的基础上,提出了基于角色、活动和生命期的 SCNEO 本体构建过程框架 RABOLC;对基于 RABOLC 的 SCNEO 本体构建过程进行了设计和介绍;然后对 SCNEO 进行简单介绍;最后对本文的工作进行了总结和讨论。

1 相关知识

1.1 本体构建方法论概述

本体构建方法论是与工程实践紧密结合的经验科学,在

到稿日期:2012-06-29 返修日期:2012-09-20 本文受国防预研重点基金项目(9140A21050910JB8101),“十二五”预研项目(41001090203)资助。
袁伟伟(1982—),男,博士生,主要研究领域为网络管理, E-mail: yuanweiweipp@163.com; 端义锋(1974—),男,博士,副教授,主要研究领域为网络管理、知识工程等; 胡谷雨(1963—),男,博士,教授,博士生导师,主要研究领域为卫星通信、网络管理、网络安全等。

各个领域的本体构建过程中,专家学者提出了大量的本体构建方法。

Lenat 和 Guha 于 1990 年发表了在 Cyc 的开发中采用的通用构建步骤^[3];基于企业本体(Enterprise Ontology)的开发经验,Ushold 对本体构建的步骤、方法等进行了总结^[4,5],提出了目的确定、构建、评估和文档撰写等本体构建的 4 个主要活动;1996 年 Bernaras 等发表了他们在 Esprit KACTUS 工程中构建电力网络领域本体的方法和经验^[6];METH-ONTOLOGY 方法也于 1996 年被提出^[7],其将本体构建过程分为细化、概念化、形式化、集成、实现和维护等阶段,该方法在随后的工作中不断完善^[8];1997 年,基于 SENSUS 进行本体构建的方法^[9]被提出,该方法重点考虑了在重用已有本体的基础上的本体构建方法;2001 年,基于 On-To-Knowledge 工程的 On-To-Knowledge 方法被提出,该方法侧重于本体的管理和维护;而第一个考虑多个参与者分布和协作的本体构造方法,则是 1996 年提出的 CO4 方法^[11];Pinto 等人提出的 Diligent 方法对分布式协作的本体开发模式的框架进行了详细的设计^[12];2009 年,Antonio De Nicola 等人借鉴软件工程中的统一过程(UP, Unified Process)方法对本体构建实现了全生命期的过程框架设计^[13],将本体过程分解为周期(cycles)、阶段(phase)、迭代(iteration)和工作流 4 个部分,它们具有用例驱动、迭代和增量的特点。在综述方面,Fernández López 于 1999 年按照与传统知识工程方法的关系、方法的详细程度、本体表示的规范性、构建策略、概念分析策略、生命期方法、与 IEEE1074-1995 的差别、采用技术以及应用情况等 9 条原则,对当时的典型本体构建方法进行了分析和比较^[14];Oscar Corcho 等人于 2003 年对本体构建的方法论、工具、表示语言及其集成方式进行了分析和回顾^[15];York Sure 等人则从本体工程的角度对本体构建方法进行了回顾,并提出了本体工程的通用生命期^[16]。

除了上面提到的一些方法以外,还有很多其它的方法如 CommonKADs 方法、NeOn 方法^[14-16]等,以及综合采用几种方法进行本体构建的综合方法。由于手工进行本体构建具有效率低下的缺点,利用人工智能、数据挖掘等技术的自动或者半自动本体构建方法得到了人们的广泛重视,但是完全自动的本体构建方法仍不成熟^[13]。

1.2 卫星通信网评估本体(SCNEO)

卫星通信网评估本体是利用本体对卫星通信网评估系统中的知识进行表示,如被评估对象、评估指标、评估方法、评估数据等,其领域相对狭窄,目的比较明确,规模适度复杂,其主要目的是为评估系统的知识提供一种形式化表示,将卫星通信网评估系统从多变的卫星通信网中分离出来,以提高系统的可重用性,SCNEO 需要具有较高的扩展能力。

已有的本体构建方法为我们进行通信网评估系统本体构建提供了指导和参考,但是这些方法大多与具体应用领域紧密相关,有些关注于本体构建中的活动^[4,5,17],有些侧重于本体构建中的过程和质量保证^[10,11],而考虑完整本体构建生命周期的方法又过于复杂^[7,12],因此难以完全按照某种现有的本体构建方法进行卫星通信网评估本体构建。角色、活动和生命期是本体构建方法中出现最频繁的概念之一,是本体构建的关键步骤和技术。本文在参考已有本体构建方法论中相

关定义的基础上,建立了卫星通信网本体构建过程框架。该方法围绕本体构建生命周期,将每一个阶段的本体构建活动分解为一系列的活动,每一个活动由相应的角色完成,称之为基于角色和本体生命期方法(RABOLC, Role and Activity Based Ontology Life Cycle)。

2 RABOLC 方法

RABOLC 方法以本体生命期为主线,围绕本体生命期,将其分为需求分析、概念设计、实现、评估与测试和更新 5 个阶段,将本体生命期中的活动分为可行性分析、明确目的和范围、考虑重用、概念获取、语言选择、工具选择、编码、文档撰写、评估等,将参与本体构建的人员分为质量管理员(CM, Configuration Manager)、领域专家(DE, Domain Expert)、知识专家(KE, Knowledge Expert)、质量保证员(QA, Quality Assurance)和用户(User)等。通过对不同角色在本体生命期各个活动中的职责的划分,完成本体构建,流程如图 1 所示。

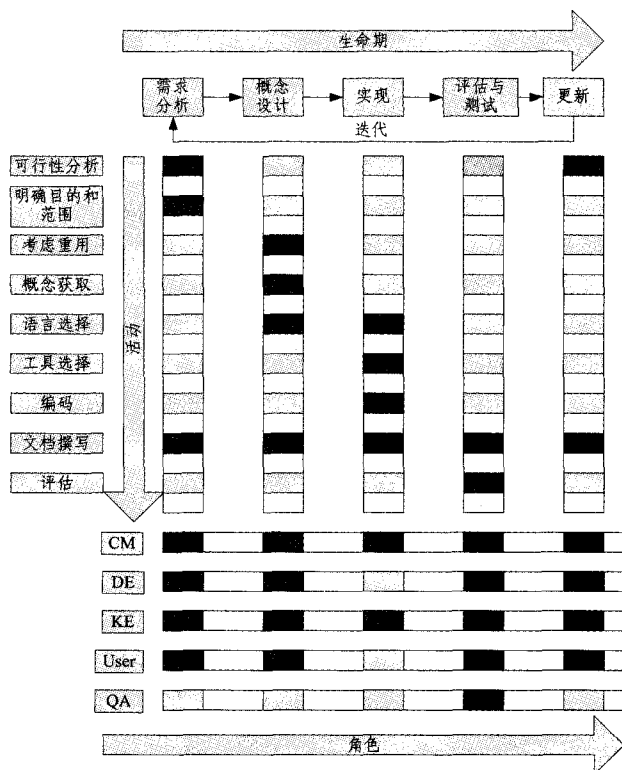


图 1 RABOLC 方法框架

角色:角色是指参与本体构建人员的身份,是生命期中各个活动的主要参与者,RABOLC 方法中定义了配置管理员、领域专家、知识专家、质量保证员和用户 5 种角色。

配置管理员(CM, Configuration Manager):CM 负责本体构建过程中的版本控制、文档管理、节点控制等,必要时可由领域专家和知识专家共同负责。

领域专家(DE, Domain Expert):领域专家是指对本体构建的领域背景非常熟悉的人员,在卫星通信网评估系统本体构建中,领域专家包括卫星通信网设计人员、执勤维护人员等。

知识专家(KE, Knowledge Expert):知识专家是指对知识系统组成、构建特别是本体构建非常熟悉的人员,在卫星通信网评估系统本体构建中,知识专家需要对计算机系统、本体

构建工具和语言、知识库等非常熟悉。

质量保证员(QA, Quality Assurance):质量保证员是借用软件测试中的称呼,负责本体构建生命期中的“评估与测试”,其可以是配置管理员、领域专家和知识专家等。

用户(User):用户是指本体的最终用户,在卫星通信网评估系统本体构建中,用户是指该本体的直接使用者,包括评估系统的最终使用者和利用该本体进行评估系统开发的开发人员。

2.1 活动

活动是指本体构建过程中具有明确目的的操作的统称,包括输入、输出、过程等,活动是本体生命期中各个阶段与角色相关的最小组成单位。

1. 可行性分析

从技术、经济、资源等方面分析该本体构建是否可行,如开发语言的支持、开发工具的支持、开发能力、系统投入分析、系统效果预测、所需要的开发周期、应用场景等,通过对这些因素的综合评估来确定本体构建的可行性论证报告。可行性分析需要 DE、KE 和 User 的共同参与。

2. 明确目的和范围

明确本体构建的目的、适用范围,可以采用的方法有场景驱动法、能力问题方法等;明确本体的背景领域、应用领域以及应用形式等,明确目的和范围是本体构建的前提,根据应用目的确定所构建本体的复杂和详细程度,简化与应用关系不大或者无关的概念及关系。该活动主要由 DE 和 KE 完成。

3. 考虑重用

考虑重用是指从已经构建并取得广泛应用的本体重用其中的概念或者部分概念。由于典型本体往往比较庞大,而自动的本体学习和比较方法还都需要人工参与,导致本体重用的成本较高。对基于本体设计模式的本体^[19]、同领域本体和一些“字典”式的本体如 WordNet 等进行重用不仅可以提高本体开发效率,也可以改善所构建本体的质量。

4. 概念获取

概念获取是指从会议纪要、现有文档、现有本体、相关描述等获取所构建本体的概念、概念间的层次关系、概念间的关联关系,可以采用的方法包括头脑风暴法^[4]、Delphi 方法、机器学习方法^[14]等。概念获取以后,还可以采用 OntoClean 方法^[18]对概念间关系的一致性和正确性进行验证。该活动主要由 KE 完成。

5. 语言选择

语言选择包括概念设计阶段“非形式化的本体表示语言”的选择和在“实现”阶段形式化的本体表示语言的选择。该活动主要由 KE 完成。W3C 于 2004 年推荐的语义网本体标准表示语言 OWL 逐渐成为本体定义语言的主流。

6. 工具选择

开发工具是辅助本体开发的利器,利用本体开发工具可以自动进行本体一致性检查、完备性检查等,目前可用的开发工具非常多,选择合适的开发工具进行本体构建对于提高本体质量、提高开发效率具有重要意义。该活动主要由 KE 完成。

7. 编码

编码是指利用开发工具,将获取的概念信息用特定的语

言进行形式化表示,概念模型、开发工具和语言确定以后,编码过程也随之确定。该活动主要由 KE 和 CM 完成。

8. 文档撰写

文档撰写是指贯穿本体构建生命期各个阶段的输入、输出以及过程的文档描述,是辅助用户进行本体理解和二次开发,协助领域专家、本体专家进行本体构建与维护的重要参考和手段。文档撰写贯穿本体生命期的各个阶段,不同阶段的文档撰写其侧重点不同,目的都是记录本体开发过程、规范本体开发流程、描述本体的内容和意义、作为本体评估的重要依据。该活动由 CM 主导,DE、KE 和 User 协作共同完成。

9. 评估

评估是指对编码以后的本体的质量进行评价的过程,根据本体开发的目的、范围以及本体的语法、语义等方面的特征对本体进行评价,以确保构造出的本体的质量。该过程由 QA 主导,User 和 DE 参与,KE 和 CM 协助完成,评估也是进行本体迭代的前提。

2.2 生命期

生命期是指本体构造、应用、更新的过程,主要包括需求分析、概念设计、实现、评估与测试和更新阶段。

1. 需求分析

需求分析用来明确本体构造的用户需求,包括其所具备的语义表示功能和支持的推理功能两部分,主要活动包括“明确目的和范围”、“可行性分析”、“考虑重用”、文档撰写等活动,需要 KE、DE、CM 和 User 的参与。

2. 概念设计

概念设计是指在需求分析和重用已有本体的基础上明确本体的概念以及概念间的关系,概念包括概念定义、概念特征、概念约束等。该阶段主要由 DE 和 KE 参与,包括“考虑重用”、“概念获取”、“语言选择”等活动。

3. 实现

实现是指用形式化语言将第二阶段获取的概念及其关系表示出来,包括“语言选择”、“工具选择”、“编码”和“文档撰写”活动,主要由 KE 参与。

4. 评估与测试

评估与测试是指对第 3 步获取的本体进行评价,主要从功能满足程度和本体本身的质量两个角度进行评价。

5. 更新

经过评估与测试,本体生命期的一个周期已经完成。如果构造的本体评价结果较差,或者在应用过程中由于需求变更、环境改变等因素,需要对本体进行修改和升级,则此处重新启动生命期流程对本体进行更新,本阶段主要由 CM 和 User 完成。

3 基于 RABOLC 的 SCNEO 构建

3.1 需求分析

需求分析阶段主要由 DE、KE 和 User 参与,首先明确本体构建的目的和范围,包括本体的领域、本体应用的目的、本体的用户及其使用方式等,能力问题是确定范围和目的的有效手段。

在 SCNEO 本体构建中,采用头脑风暴和 Delphi 方法,获得的能力问题如图 2 所示,这些问题及回答可以辅助确定卫

星通信网评估系统的目的和范围。

是否所有对象都是可评估的?
 如果不是,如何确定哪些对象是可评估的,哪些是不可评估的?
 地球站是否可评估对象?
 可用于进行地球站评估的目标有哪些?
 可用于转发器评估的指标有哪些?
 评估方法有哪些?
 地球站如何找到它的评估指标? / 哪些指标可以用来评估某一个地球站?
 评估方法与评估指标的关系如何表示?
 评估结果如何表示?
 评估结果能否找到支持数据?
 经常性检查的结果能否作为评估指标?
 评估结果中是否包括了异常和故障信息?
 如何实现对地球站的评估?
 如何实现对转发器的评估?
 如何实现组合对象的评估?
 能否对转发器的健康状况进行表示?
 如何表达通信网系的保障能力?
 多模地球站如何表示?
 如何对多个地球站集合进行评估?
 如何在对多个地球站集合评估的基础上获取各个地球站对结果的影响程度?

图2 能力问题摘要

在卫星通信网评估系统本体构建的需求分析中,由 DE、KE 和 User 共同组成了 2 个小组,第一小组采用 Delphi 方法收集问题,第二小组采用头脑风暴的方法对能力问题进行讨论,第一小组的能力问题最终由第二小组整理并反馈给第一小组确认,当对问题的认识满足一致性要求时,共确定了 47 个能力问题。通过对能力问题的分析,可以明确:SCNEO 构建的领域是卫星通信网评估系统;需要对被评估对象、评估指标、评估方法、评估模型、评估流程、评估数据和评估结果等进行定义,概念间的关联关系通过属性进行表示,支持任意集合被评估对象定义和被评估对象与评估指标的自主关联;用户是卫星通信网评估系统设计人员和评估系统最终使用人员。确定本体的目的和范围以后,通过对资源、人力、物力、已有案例情况等方面的评估来对本体构建的可行性进行分析。

3.2 概念获取

概念获取是本体构建的关键环节,概念包括概念层次定义、概念约束、概念间的关联关系等。采用 Middle-Out 方法进行概念获取,然后采用 OntoClean 方法进行概念一致性检验。本阶段获取的概念用非形式化方法表示,采用具有类关系的框图对其进行表示。

3.2.1 基于 Middle-Out 的概念获取

首先由 DE 和 KE 确定领域内最常用的概念,然后分别对这些概念进行概化和细化。在卫星通信网评估系统本体中,初步获取的概念如图 3 所示。

地球站、转发器、信道、网控、网系、子网、群组、呼通率、呼损率、呼叫频度、通信量、带宽利用率、功率利用率、评估方法、评估模型、评估结果

图3 Middle-Out 中的初步概念信息

然后以这些概念为中心,分别对其进行概化和细化,不断增加新的概念,概念建立的过程也是概念间层次关系建立的过程。如考虑地球站、转发器、信道、网控等概念,它们和“可被评估对象”之间满足“is-a”关系,将“可被评估对象”概念添加进来并作为这些概念的父对象。同时,地球站又可以分为中央站、固定站、车载站、舰载站、机载站等,这些概念与“地球站”概念间具有“is-a”的关系,将这些概念添加进来,最终建立类及类间的层次关系,如图 4 所示。

概念建立以后,首先以文档的形式对概念的定义和约束进行描述,然后据此提取概念的形式化定义和约束,而概念定义和约束依赖属性进行,属性的建立方法与概念相似。

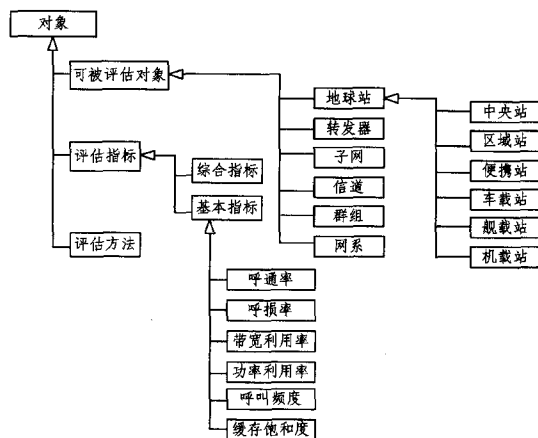


图4 基于 Middle-Out 策略的概念获取结果

3.2.2 基于 OntoClean 的概念验证

OntoClean 是由 Nicola Guarino 等人提出的进行本体一致性和充分性验证的方法^[18]。它将概念的必要性(essence)、唯一性(identity)、完整性(unity)、依赖性(dependence)及其逻辑上的约束作为分析概念层次关系是否满足一致性的依据。OntoClean 不负责概念及其层次关系的构建,但是可以用来表达这些概念及其层次关系所隐含的逻辑关系,并以此验证概念及其层次关系之间的一致性。

在 OntoClean 中,概念被认为是“具有相同属性”的实体的集合,概念 P 包含 Q 理解为所有属于 Q 的实体也属于 P 。分析属性相对于概念的必要性 R (分为严格必要性、半必要性和非必要性)、唯一性 I 和完整性 O ,不同类型的属性在概念层次关系间应该满足一定的约束,如“如果 P 包含某一个 $+I$ 类型的属性 p ,则 Q 必包含 p ”等,概念建立以后,根据属性具有的特征以及这些特征的约束对概念的一致性进行检验。

在卫星通信网评估系统本体中,按照文献^[18]的方法建立属性分析模型,如图 5 所示,利用图中标注对概念的一致性进行验证,即可得到具有改进的概念及其层次关系的本体。

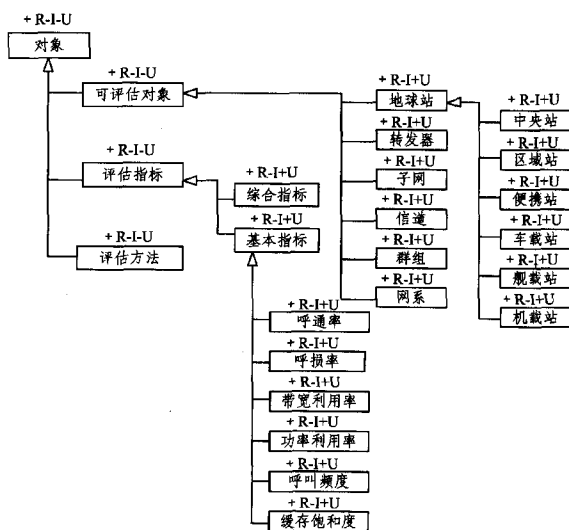


图5 基于 OntoClean 的概念一致性分析

3.3 实现

实现是指将获取的概念用形式化方法进行表示和定义的过程,主要包括语言选择、工具选择、编码和文档撰写 4 个活动,而语言选择、工具选择是本体实现的关键。

- The IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology. Sydney, Australia, 2008;398-401
- [19] Kargar M, An A. Discovering top-k teams of experts with without a leader in social networks[C]//The 20th ACM International Conference on Information and Knowledge Management (CIKM). Glasgow, Scotland, UK, 2011;895-994
- [20] Zhang Y, Zhou J, Cheng J. Preference-based Top-K Influential Nodes Mining in Social Networks[C]//The IEEE 10th International Conference on Trust, Security and Privacy in Computing and Communications. Changsha, China, 2011;1512-1518
- [21] Domingos P, Richardson M. Mining the network value of customers[C]//The 7th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD). San Francisco, CA, 2001;57-66
- [22] Domingos P, Richardson M. Mining knowledge-sharing sites for viral marketing[C]//The 8th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD). Edmonton, Canada, 2002;61-70
- [23] Leskovec J, Krause A, Guestrin C, et al. Cost-effective outbreak detection in networks[C]//The 13th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD). San Jose, California, 2007;420-429
- [24] Chen W, Wang Y, Yang S. Efficient influence maximization in social networks[C]//The 15th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD). Paris, France, 2009;199-207
- [25] Chen W, Wang C, Wang Y. Scalable influence maximization for prevalent viral marketing in large scale social networks[C]//The 16th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD). Washington, DC, 2010;1029-1038
- [26] Chen W, Yuan Y, Zhang L. Scalable influence maximization in social networks under the linear threshold model[C]//The 2010 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM). Sydney, Australia, 2010;88-97
- [27] Chen W, Collins A, Cummings R, et al. Influence Maximization in Social Networks When Negative Opinions May Emerge and Propagate[C]//2011 SIAM International Conference on Data Mining. Mesa, Arizona, USA, 2011
- [28] Shapley L S. A value for n-person games[M]//Kuhn H W, Tucker A W, eds. Contributions to the Theory of Games II. Princeton University Press, 1953;307-317
- [29] Owen G. Values of games with a priori unions[M]//Henn R, Moeschlin O, eds. Essays in mathematical economics and game theory. Springer-Verlag, Berlin, 1977;76-88
- [30] Scott J. Social Network Analysis(2nd ed)[M]. A Handbook, Sage, London, 2000
- [31] Caulier J-F. Network Games as TU Cooperative Games[M]. The Core, the Shapley Value and Simple Network Games, 2009
- [32] Cormen T H, Leiserson C E, Rivest R L, et al. Introduction to Algorithms(2nd ed)[M]. Cambridge, MA; MIT Press, 2001
- [33] Guimerà R, Amaral L A N. Functional cartography of complex metabolic networks[J]. Nature, 2005, 433;895-900
- [34] Clauset A, Newman M E J, Moore C. Finding community structure in very large networks[J]. Physical Review E, 2004, 70(6): 066111 (6)
- [35] Barabási A L, Albert R. Emergence of scaling in random networks[J]. Science, 1999, 286(5439);509-512
- [36] Leskovec J, Kleinberg J, Faloutsos C. Graphs over time; Densification laws, shrinking diameters and possible explanations[C]//The 11th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery in data mining (KDD). Chicago, Illinois, USA, 2005; 177-187
- [37] <http://dblp.uni-trier.de/>
- [38] Viswanath B, Mislove A, Cha M, et al. On the evolution of user interaction in Facebook[C]//The 2nd ACM SIGCOMM Workshop on Social Networks (WOSN). Barcelona, Spain, 2009;37-42
- [39] <http://www-2.cs.cmu.edu/~enron/>
- [40] Mislove A, Marcon M, Gummadi K P, et al. Measurement and analysis of online social networks[C]//The 7th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement conference (IMC). San Diego, California, USA, 2007;29-42

(上接第 126 页)

- [11] Sure Y, Staab S, Studer R. On-To-Knowledge Methodology (OTKM). Handbook on Ontologies[M]. New York, Springer, 2004;117-132
- [12] Pinto H S, Staab S, Tempich C. Diligent; Towards a Fine-grained Methodology for Distributed, Loosely-controlled and Evolving Engineering of Ontologies[C]//ECAI, 2004;393-397
- [13] De Nicola A, Missikoff M, Navigli R. A Software Engineering Approach to Ontology Building[J]. Information Systems, 2009, 34;258-275
- [14] Fernández López M. Overview of Methodologies for Building Ontologies[C]//Proceedings of the IJCAI-99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5). Stockholm, Sweden, August 1999;41-53
- [15] Corcho O, Fernandez-Lopez M, Gomez-Perez A. Methodologies, Tools and Languages for Building Ontologies, Where Is Their Meeting Point? [J]. Data & Knowledge Engineering, Elsevier Science B. V, 2003, 46(1);41-64
- [16] Sure Y, Staab S, Studer R. Ontology Engineering Methodology. Handbook on Ontologies(2nd Edition)[M]. London, Springer, 2009;135-152
- [17] Noy N F, McGuinness D L. Ontology Development 101; A Guide to Creating Your First Ontology[OL]. http://Protege.stanford.edu/publications/Ontology_development, 2012-05
- [18] Guarino N, Welty C A. An Overview of OntoClean. Handbook on Ontologies(2nd Edition)[M]. London, Springer, 2009;201-220
- [19] Gangemi A, Presutti V. Ontology Design Patterns. Handbook on Ontologies(2nd Edition)[M]. Springer, 2009;221-244
- [20] McGuinness D L, van Harmelen F. OWL Web Ontology Language Overview[S]. W3C Recommendation, February 2004
- [21] Mizoguchi R, Kozaki K. Ontology Engineering Environments. Handbook on Ontologies(2nd Edition)[M]. London, Springer, 2009;315-336
- [22] Khondoker M R, Mueller H P. Comparing Ontology Development Tools Based on an Online Survey[C]//Proceedings of the World Congress on Engineering, WCE 2010. London, U. K, 2010;978-988