

事件与事件本体模型研究综述

张旭洁^{1,2}, 刘宗田¹, 刘 炜¹, 苏小英³, 廖 涛¹

(1. 上海大学计算机工程与科学学院, 上海 200072; 2. 云南师范大学信息学院, 昆明 650031;

3. 上海中医药大学图书信息中心, 上海 201203)

摘 要: 现有领域本体缺乏对动态特征的描述, 存在网球问题以及不能明确支持空间和时间关系分析的现象。为此, 引出事件本体的概念。对事件的定义与事件本体的研究现状进行描述, 从不同领域对事件的定义进行说明, 并对不同领域的事件定义进行分析与比较, 强调事件在实际应用中需要注意的内容。介绍现有的事件本体表示模型, 对各表示模型从事件表示方法、适用领域等 12 项内容进行阐述, 给出事件本体发展趋势与应用前景。

关键词: 事件定义; 事件表示; 事件本体; 事件本体表示模型; 本体结构

Survey of Event and Event Ontology Model Research

ZHANG Xu-jie^{1,2}, LIU Zong-tian¹, LIU Wei¹, SU Xiao-ying³, LIAO Tao¹

(1. School of Computer Engineering and Science, Shanghai University, Shanghai 200072, China;

2. School of Information, Yunnan Normal University, Kunming 650031, China;

3. Library and Information Center, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China)

【Abstract】 Traditional ontology research lacks description of dynamic characteristics, has the tennis problem and does not support analysis of relationship between space and time. Due to issues mentioned above as well as increasing demands from practical application, event ontology attracts more and more attention from scholars and becomes research hotspot. This paper provides an overview of existing research on event representation and event ontology model. The main contents are followings: Give definition of event, do comparative analysis in different areas and provide practical notes for event related application. Introduce existing formalized representation models for event ontology and analyze them from perspectives of different application fields. Look forward to future development trends and application prospects of event ontology.

【Key words】 definition of event; event representation; event ontology; event ontology representation model; ontology structure

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2013.09.068

1 概述

本体的作用已很少有人质疑, 但本体的实质和结构却尚未取得普遍共识。目前, 本体最流行的定义是文献[1]给出的“共享概念模型的明确的形式化规范说明”, 且很多人接受本体是某些应用领域的概念以及概念间关系的预先定义形式^[2]。受它们的影响, 大部分本体被构造成概念和概念之间关系的系统。更直接的, 来自语言学领域的研究者很自然地构造出词汇与词汇之间关联的系统, 如 WordNet^[3]、HowNet^[4]。传统本体对于概念的描述着重于对其静态特征的描述, 缺乏对动态特征的描述, 即在时间

与空间变化中的概念描述。这也正是文献[5]提出网球问题的根源所在。传统本体并不明确支持空间和时间的关系分析, 而集中在实体之间的关系上, 即便提供时间与空间的表示方法, 也以隐式的形式表示, 需要额外的计算^[6]。由于传统本体存在的这些问题, 以及在自然语言理解、自动文本文摘、常识知识表示与推理、仿真学、决策分析、视频事件分析、智能网页、地理信息系统等实际应用中的需要, 事件本体研究正吸引着越来越多学者的关注, 成为新的热点问题。

许多哲学家认为世界是物质的, 物质的世界是由事物(object)和事件(event)构成的。“事件”是自然一去不返的具

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“事件本体形式化方法中的几个重要问题”(61273328)、“事件本体模型与应用技术”(60975033); 上海市科委基金资助项目“基于描述逻辑的事件本体形式化表示及推理关键问题研究”(12ZR1410900); 云南省教育厅科学研究基金资助项目“E-learning 中语义 Web 的运用与研究”(09Y0144)

作者简介: 张旭洁(1980—), 女, 讲师、博士研究生, 主研方向: 知识表示, 自然语言处理; 刘宗田, 教授、博士生导师; 刘 炜, 副研究员、博士; 苏小英(通讯作者), 讲师、硕士; 廖 涛, 副教授、博士研究生

收稿日期: 2012-11-30 **修回日期:** 2013-01-23 **E-mail:** ying28227@163.com

体事实,“事物”则是事件永恒不变的特质,事件之间存在着本质的内在的联系^[7]。在早期的工作中,已经有一些学者认识到:以事件作为知识的基本单元更能反映客观世界的知识,特别是知识的动态性。从认知心理学的角度来看,事件更符合人类的理解与思维习惯,于是事件本体研究应运而生。

本文主要对事件与事件本体模型的相关研究进行描述。分析比较事件在不同领域的定义,以及目前已有的事件本体表示模型,并给出事件本体发展趋势与应用前景。

2 事件的定义

“事件”的定义是一个很复杂的问题,目前还没有统一的定义。以下分别从哲学、认知科学、语言学、知识表示、信息和本体研究等领域对“事件”做出解释。

从哲学的角度来看,事物通常包含具体的质量、体积等,且具有可承载和可存储性。一些认知科学家主要从大脑的记忆原理和事件的结构方面去研究事件。文献[8]认为事件是被旁观者所观察到的对现实世界所产生的行为,可以通过事件的时空结构来理解事件。语言学家从语言学的角度给出了事件的定义和事件结构。文献[9]将事件定义为

由 3 个部分组成的术语:谓词,事件框架(即谓词发生的时间段),事件界(即谓词发生的情况或者条件)”。文献[10]从语义理解的角度围绕动词及其属性给出了事件的定义,并认为事件语义理论主要是基础谓词。文献[11]将语言学中的 SVO(Subject-Verb-Object)结构和事件结构对应。语言学家在考虑动词的同时考虑动词的结构信息,通过谓词分解和动词具体化的方式来理解语句,提取语句中的事件。在知识表示领域,主要关注的是事件的动态性,通过动态知识表示方法对事件进行描述,并对事件的结构、表示和事件的推理进行研究。在信息领域,事件被认为是细化了的用于检索的主题。

在本体研究领域,事件被认为是在某个特定时间和环境下发生的、由若干角色参与、表现出若干动作特征的一件事情。

由上可见,尽管各领域对事件的理解并不完全一致,但说明了一点:世界是运动的,运动的世界是由事件组成的,即认定事件是知识的重要组成。在实际应用中,应该以哲学与认知心理学对事件的理解作为基础,将逻辑学与语言学对事件的形式化表示和语法与语义分析作为目标,通过本体将以上内容加以结合,最终实现其在各领域的应用。对有关事件的定义做出如下整理,如表 1 所示。

表 1 各领域对事件理解的比较与分析

领域	关注内容	优点	不足
哲学与认知科学领域	事件的本源、概念、定义	从哲学的角度对事件进行定义与剖析	忽略了事件、事件要素、概念之间的关系
语言学领域	事件的语法结构、词汇关系、修饰成分、语义	能部分描述实体间的关系,确定事件在句中与其他成分的关系	仅从语言的角度分析事件,忽略事件的本质涵义
知识表示领域	事件的结构、表示、推理	表示方法多样,可以描述事件的状态变化,即动态性,表示事件之间的结构	受表示方法和表示能力的限制,领域局限性
信息领域	事件的识别、获取、基于事件的应用	便于有关信息技术的初步应用	对事件的定义粒度过大,不能完成更细致的操作
本体研究领域	事件的表示、事件之间的关系、事件与概念之间的关系、应用等	完全或部分整合各领域对事件关注的内容和优点,应用前景光明	处于研究起步阶段,很多内容还需要具体实现并加以验证

3 事件本体表示模型

目前,事件本体的研究在国内外尚处于起步阶段,但近几年有迅速发展之势。虽有很多关于事件本体的表示模型,但还未形成统一的共识,而各事件本体表示模型的区别主要在对事件的定义、事件类型的划分、事件本体的应用领域、形式化表示方法和事件本体的结构上。

3.1 基于传统本体结构的事件本体表示模型

3.1.1 事件本体

文献[12]在介绍音乐本体时,简要介绍了构建音乐本体时需要使用到的事件本体(Event Ontology, EO)。其事件的表示采用事件演算的思想,时间的表示运用了 OWL_Time^[13]中的 Temporal Entity 类,其他要素采用连接表示。事件与其他概念之间的关系见图 1。虽然 EO 最初是用来描述演出或演奏音乐的事件,但它并没有限定在音乐领域,它是目前最常用的事件本体结构。EO 未对事件之间的关系进行说明。

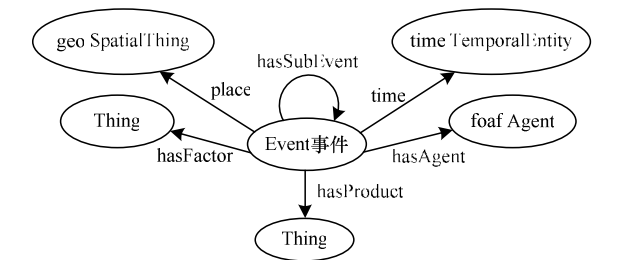


图 1 EO 事件本体结构

3.1.2 DOLCE/BFO/F

DOLCE(Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering)^[14]和 BFO(Basic Formal Ontology)^[15]是 Wonder Web 项目中的模块。DOLCE 基本结构如图 2 所示,其中,事件被看作一个实体类型。

BFO^[16]是在文献[15]的基础上,对时空问题提出的本体模型。BFO 虽然添加了时空表示模型但仍然缺少对事件关系的表示与描述。

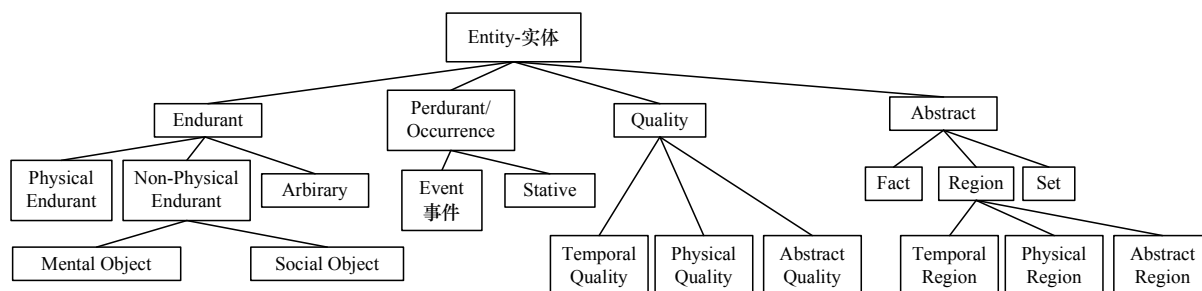


图2 DOLCE 本体结构

文献[17]提出了一个叫做 F 的事件形式化模型。F 是在传统本体模型 DOLCE+DNS Ultralite(DUL)基础上扩展的一个小型上层本体。F 是基于上层本体支持, 如时间、空间、对象和人物等方面的表示模型, 包括选择关系、因果关系和互关联关系。针对事件, F 的主要关系是因果关系, 而其他事件关系的建模方法并未深入研究。

3.1.3 CIDOC CRM

CIDOC CRM^[18](CIDOC Conceptual Reference Model)概念参考模型, 是国际博物馆理事会下属的国际文献工作委员会所开发的面向对象的概念参考模型。CIDOC CRM 中没有明确地区分事件类的定义, 仅从层次结构上说明父类与子类及有关属性。

3.1.4 ABC 本体

ABC 本体模型是一个共享概念模型^[19]。ABC 本体模型以事件为驱动, 通过对事件、情景、动作和 Agent 等概念及其关系的描述来表示事件。ABC Ontology 的不足是不能描述事件之间的关系与事件要素之间的关系。

3.1.5 EventML-G2

EventML-G2^[20]是国际报业电信委员会的一个基于 XML 语言的新闻信息交换标准, 其目的是为了交换有关新闻提供者和新闻合作者之间的结构化信息。EventML-G2 被用来描述即将报道、已报道或突发报道的新闻事件。在网页中, 给出了创建一个 EventsML-G2 事件需要填写的信息。

3.1.6 简单事件模型

文献[21]设计了一种简单事件模型(Simple Event Model, SEM), 并对事件进行建模, 用以描述不同领域和领域之间的数据, 该模型允许事件类型为个体或类。其优点是可以方便地描述事件实例, 实现概念重用; 缺点是无法表示事件之间的关系; 没有从真正意义上解决时间、空间的动态表示; 推理实现困难; 结构如同词汇分类关系图。

3.1.7 OPenCyc

OpenCyc^[22]是一种上层本体, 其目的是为了表示人类常识而构建的大型本体以支持自然语言处理。OPenCyc 区分了 Static Situation 和 Event 2 个概念, 其中, Static Situation 相当于持续实体(Endurant); Event 相当于连续实体(Perdurant), 把动作 Action 作为 Event 的特殊类型。

3.1.8 LODÉ

LODE(Linking Open Description of Event)^[23]中对事件

的定义是一个动作或在某个特定时间地点发生的事情, 该定义有利于从迅速增长的关联数据集中收集个别实体并发现数据间更复杂的关系。LODE 目前并不能描述事件之间的关系, 借鉴 F 模型的方法, 相关研究正在开展。

3.1.9 离散事件本体

文献[24]提出了一个离散事件本体模型(Discrete-event Modeling Ontology, DeMO)。这个模型认为事件是复杂系统中的一般离散事件, 其目的是用于建模与社群仿真。虽然 DeMo 没有明确区分动作与事件, 但 State-oriented model 中所定义的 Event 集, 实际意义即为动作 Action; Event-oriented model 中提供了描述事件关系的方法。

3.1.10 基于 5-W 机构的事件本体模型

文献[25]提出了一种基于事件的人物本体模型, 但是还仅限于人物本体, 这里表示为 Han's EO; 文献[26]提出了针对学术研究领域的事件本体, 这里表示为 Jeong'EO; 文献[27]提出一种事件语义模型, 这里表示为 Teymourian'EO。这 3 种模型中的事件表示主要思想停留在 who、what、when、where、how 基础上, 没有对事件之间的关系进行说明。

3.2 基于传统本体和逻辑方法的表示模型

文献[28]在论述语义 Web 时曾建议在传统概念本体上增补事件以更接近语义 Web 的目标, 这里表示为 NKRL。该模型对事件本体的定义是一个由 Templates 模版组成的具有继承能力的层次结构模型。其中, Templates 的结构定义为: $(L_i(P_j(R_1a_1)(R_2a_2)\cdots(R_na_n)))$, L_i 表示模版名, P_j 表示谓词名, R_k 表示角色名, a_k 表示参数。这种表示方法没有描述事件之间的关系, 仅是事件类的定义, 即表示事件之间的分类关系。

文献[29]提出了针对事件和事件关系的上层本体模型, 这里表示为 OSL_EO。OSL_EO 对事件之间的关系进行了介绍, 事件关系包括事件实例关系和事件类关系。该模型还有待完善与实证。

文献[30]提出一个用来关联历史事件的事件本体模型, 这里表示为 H_EO(History Event Ontology), 其对事件的建模不仅考虑了事件的基本要素, 还考虑了原因和结果信息。定义了事件本体模型的语法、语义和推理方法。事件由谓词表示, 事件本体模型表示为: $\Omega=(v, D, \Phi, \leq, begin, end, location, \delta)$, 其中, v 是词汇符号集; D 表示现实世界的所有实体域; Φ 是所有断言和推断公式集; 符号 \leq 表示领域 D 内的序关系; $begin$ 、 end 、 $location$ 是域 D 上的函数; δ 表

示解释结构。该模型未区分事件与动作，缺少事件非层次结构关系的分析。

3.3 基于事件类层次结构的事件本体模型

文献[31]提出了一种由六要素组成事件与事件类的表示形式，这里表示为 L_EO(Lattice Event Ontology)。用事件类的格结构作为主线的事件本体模型，事件类的要素与静态概念关联，事件类之间还存在多种非分类关系。形式上事件被定义为一个 6 元组 $e=(A,O,T,V,P,L)$ 分别表示动作、对象、时间、环境、断言、语言表现。断言指在事件中动作执行的过程，由事件发生的前置条件、后置结果以及中间断言构成。语言表现是事件的语言表现规律，包括核心词集合、核心词表现、核心词搭配等。文献[32]对其进行了分析与评价。该模型还有待实证与完善。

3.4 事件本体表示模型比较与分析

不是所有的本体都可以称为事件本体，当然描述事件的事件模型也不都能算作事件本体。不同事件表示模型的区别如表 2 所示。其中，Model 表示模型名称；ERp 表示 Event Representation 事件表示方法；A 表示 Action 动作描述情况；AD 表示 Application Domain 主要应用领域；ST 表示 Structure Type 结构类型；DD 表示 Dynamic Description 有无事件的动态描述；O 表示 Object 有无事件对象描述；S 表示 Space 有无环境描述；T 表示 Time 有无时间描述；EC 表示 Event Class 有无事件类的定义；ERI 表示 Events Relation 有无事件关系描述；EFR 表示 Events Factors Relation 有无事件要素之间的关系描述；LR 表示 Language Rule 有无语言表示规律知识，Y 表示“有”，N 表示“无”。

表 2 事件本体表示模型比较

Model	ERp	A	AD	ST	DD	O	S	T	EC	ERI	EFR	LR
EO	Event Class	未区分事件与动作	通用	事件层结构	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N
DOLCE	Perdurant/Occurent	动作是事件的特殊类型	语言/常识	概念层结构	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N
BFO	Perdurant/Occurent	动作是事件的特殊类型	通用	概念层结构	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N
F	Perdurant/Occurent	动作是事件的特殊类型	通用	概念层/事件关系结构	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
CIDOC CRM	Temporal Entity	动作是事件的特殊类型	文化遗产	概念层结构	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N
ABC Ontology	Event Class 的 Situation 转换描述事件	动作由 Agent 发起	数字图书馆	概念层结构	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N
EventML-G2	新闻标题	未区分事件与动作	新闻	事件链接结构	N	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
SEM	Instance/Event Class	未区分事件与动作	通用/事件实例	概念层结构	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N
OpenCyc	Event Class	动作是事件的特殊类型	常识/语言	概念层结构	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N
LODE	Event Class	动作是事件的特殊类型	关联数据	事件层结构	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N
DeMO	DeModel 的 4 个子类	分别独立表示	建模/仿真/系统	事件关系结构	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
Han's EO	Event Class	未区分事件与动作	人物信息	概念层结构	N	Y	Y	Y	N	N	N	N
Jeong'EO	Event Class	未区分事件与动作	学术领域	概念层结构	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	N
Teymourian's EO	Event Class	未区分事件与动作	语义分析	事件关系结构	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	N
NKRL	Template	未区分事件与动作	叙事文	事件层结构	N	Y	Y	Y	Y	N	N	N
OSL_EO	n 元谓词	动作由 Agent 发起	通用	事件关系结构	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
H_EO	谓词	未区分事件与动作	历史事件	事件关系结构	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N
L_EO	事件六元组	动作是事件的组成要素	通用	事件格/事件关系结构	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y

从上文可以看出，人们试图采用各种方法来表示并让计算机理解事件的概念，而事件本体的研究刚刚起步，目前对事件本体的本质认识还欠清晰。不是包含事件的本体就是事件本体，事件本体优于传统本体的根本在于：(1)传统本体或者用静态概念方式表示事件，或用概念与概念之间的关系表示事件，因而难以表达事件的动态特性；而事件本体强调了事件动态性的表示。(2)传统本体以概念层次结构为主线组织，因而使得其中的非分类关系异常复杂，且存在网球问题；而事件本体以事件类的层次结构为主线，降低了其中的关系复杂性，克服了网球问题。上文所提到的本体，虽然开始重视对事件的表示，但真正具备事件本体特征的还很少，即便具备了某些特征也还待完善、实证与应用实现。

4 结束语

虽然关于事件与事件本体的相关研究内容还未取得共

识，但事件本体的构建需要从哲学、认知心理学、逻辑学、知识表示各个方面来考虑。这样构建的本体才具有坚实的基础并能满足各种需要。事件本体模型的构建从模型构建的角度来看有一定难度，既要表示静态知识又要描述知识的动态性，既能表示离散的事件又要描述连续的动作，既要描述确定信息又要表达模糊知识；这些需求既相互矛盾又和谐地统一在世界知识中。

由于事件本体所要表示的知识更接近于人类对知识的理解分析过程，以事件为粒度对知识进行表示优于传统的本体结构，其应用几乎遍布人工智能的各个研究领域。事件本体的构建将为以下研究提供支持：(1)基于事件本体的推理；(2)基于事件本体的文本分类；(3)基于事件本体的篇章理解；(4)基于事件本体的文本自动文摘；(5)基于事件本体的查询检索技术；(6)常识知识的表示；(7)仿真学；(8)决策分析；(9)事件智能网页；(10)视屏事件分析；(11)地理信息系统等。

参考文献

- [1] Studer R, Benjamins V R, Fensel D. Knowledge Engineering: Principles and Methods[J]. Data & Knowledge Engineering, 1998, 25(1/2): 161-197.
- [2] Guarino N. Understanding, Building and Using Ontologies[J]. International Journal of Human Computer Studies, 1997, 46(2/3): 293-310.
- [3] Miller G A, Beckwith R, Fellbaum C, et al. Introduction to Wordnet: An On-line Lexical Database[J]. International Journal of Lexicography, 1990, 3(4): 235-244.
- [4] Dong Zhendong, Dong Qiang. HowNet and the Computation of Meaning[M]. [S. l.]: World Scientific Publishing Company, 2006.
- [5] Fellbaum C. WordNet: An Electronic Lexical Database[EB/OL]. (1998-04-22). <http://www.cogsci.princeton.edu/wn>.
- [6] Ramakrishnan C, Milnor W H, Perry M, et al. Discovering Informative Connection Subgraphs in Multi-relational Graphs[J]. ACM SIGKDD Explorations Newsletter, 2005, 7(2): 56-63.
- [7] Chen Xiang. Object and Event Concepts: A Cognitive Mechanism of Incommensurability[J]. Philosophy of Science, 2003, 70(5): 962-974.
- [8] Zacks J M, Tversky B. Event Structure in Perception and Conception[J]. Psychological Bulletin, 2001, 127(1): 3-21.
- [9] Chung S, Timberlake A. Tense, Aspect, and Mood[M]// Shopen T. Language Typology and Syntactic Description. [S. l.]: Springer, 1985: 202-258.
- [10] Tenny C L, Pustejovsky J. Events as Grammatical Objects[M]. [S. l.]: ACM Press, 2000.
- [11] Chang Junghsing. Event Structure and Argument Linking in Chinese[J]. Language and Linguistics, 2003, 4(2): 317-351.
- [12] Raimond Y, Abdallah S, Sandler M, et al. The Music Ontology[C]//Proc. of the 8th International Conference on Music Information Retrieval. [S. l.]: ACM Press, 2007: 417-422.
- [13] Hobbs J R, Pan F. Time Ontology in OWL[EB/OL]. (2006-09-27). <http://www.w3.org/TR/owl-time/>.
- [14] Masolo C, Borgo S, Gangemi A, et al. Wonder Web Deliverable D18[Z]. Ontology Library, Ontology Infrastructure for the Semantic Web, 2009.
- [15] Bittner T, Smith B. Granular Spatio-temporal Ontologies[C]//Proc. of Symposium on Foundations and Applications of Spatio-temporal Reasoning. [S. l.]: AAAI Press, 2003: 2-17.
- [16] Grenon P, Smith B. SNAP and SPAN: Towards Dynamic Spatial Ontology[J]. Spatial Cognition and Computation, 2004, 4(1): 69-104.
- [17] Scherp A, Franz T, Saathoff C, et al. F——A Model of Events Based on the Foundational Ontology Dolce+DnS Ultralight[C]//Proc. of the 5th International Conference on Knowledge Capture. New York, USA: ACM Press, 2009: 137-144.
- [18] Crofts N, Doerr M, Gill T, et al. Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model[EB/OL]. (2003-10-24). http://www.cidoc-crm.org/docs/cidoc_crm_version_4.2.pdf.
- [19] Lagoze C, Hunter J. The ABC Ontology and Model[C]//Proc. of International Conference on Dublin Core and Metadata Applications. [S. l.]: ACM Press, 2001: 160-176.
- [20] EventsML-G2, Version 2.9[EB/OL]. (2008-03-31). http://www.ipdc.org/site/News_Exchange_Formats/EventsML-G2/Specification/.
- [21] Hage W R, Malaisé V, Segers R, et al. Design and Use of the Simple Event Model(SEM)[J]. Journal of Web Semantics: Preprint Server, 2011, 9(2): 128-136.
- [22] Hage V. Cycorp[EB/OL]. (2012-05-16). <http://www.cyc.com/>.
- [23] Shaw R, Troncy R, Hardman L. Lode: Linking Open Descriptions of Events[C]//Proc. of the 4th Asian Conference on the Semantic Web. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2009: 153-167.
- [24] Silver G A, Miller J A, Hybinette M, et al. DeMO: An Ontology for Discrete-event Modeling and Simulation[J]. Simulation, 2011, 87(9): 747-773.
- [25] Han Yongjin, Park S Y, Park S B, et al. Reconstruction of People Information Based on an Event Ontology[C]//Proc. of International Conference on Natural Language Processing and Knowledge Engineering. [S. l.]: IEEE Press, 2007: 446-451.
- [26] Jeong S, Kim H G. SEDE: An Ontology for Scholarly Event Description[J]. Journal of Information Science, 2010, 36(2): 209-227.
- [27] Teymourian K, Paschke A. Towards Semantic Event Processing[C]//Proc. of the 3rd International Conference on Distributed Event-based Systems. New York: ACM Press, 2009.
- [28] Zarri G P. Semantic Web and Knowledge Representation[C]//Proc. of the 13th International Workshop on Database and Expert Systems Applications. [S. l.]: IEEE Press, 2002.
- [29] Kaneiwa K, Iwazume M, Fukuda K. An Upper Ontology for Event Classifications and Relations[C]//Proc. of the 20th Australian Joint Conference on Advances in Artificial Intelligence. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2007: 394-403.
- [30] Corda I, Bennett B, Dimitrova V. A Logical Model of an Event Ontology for Exploring Connections in Historical Domains[C]//Proc. of Workshop on Detection, Representation and Exploitation of Events in Semantic Web. Bonn, Germany: [s. n.], 2011.
- [31] 刘宗田, 黄美丽, 周 文, 等. 面向事件的本体研究[J]. 计算机科学, 2009, 36(11): 189-192.
- [32] Zhong Zhaoman, Liu Zongtian, Liu Wei, et al. Event Ontology and Its Evaluation[J]. Journal of Information and Computational Science, 2010, 7(1): 95-101.