

文章编号:1001-9081(2009)05-1437-04

应急案例本体模型的研究及应用

王文俊, 杨 鹏, 董存祥

(天津大学 计算机科学与技术学院, 天津 300072)

(wjjwang@tju.edu.cn)

摘要: 应急案例是应急指挥决策的重要依据。以网页形式存储的应急案例数据量呈指数趋势上升,但是网页开放性特点决定数据异构性强,导致应急案例信息理解和利用困难。针对上述问题,提出了应急案例本体模型(ECOM),构建应急案例知识模型,模型包括上层本体和应用层本体。以 ABC 本体为基础扩展形成 eABC 作为上层本体,应用层本体则从应急主体、客体、发展过程、救援过程等方面建立应急案例概念、关系、函数、公理和实例的五元组,其中考虑应急案例网页位置信息以评估信息可信度。最后,以汶川地震描述为实例验证了 ECOM 模型。

关键词: 应急案例; 本体; eABC

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A

Study and application of emergency case Ontology model

WANG Wen-jun, YANG Peng, DONG Cun-xiang

(School of Computer Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: Emergency case is always considered as the important support in emergency response system. The massive emergency case information from network is exploded in exponential trend. However, because of the heterogeneous quality of opening Web, it is difficult in understanding and using these cases. An Emergency Case Ontology Model (ECOM) was proposed as the knowledge representation of emergency case, which was divided into upper Ontology and application Ontology. The upper Ontology named eABC was expanded based on the ABC Ontology, and the application Ontology, which was represented as a 5-array of concepts, relations, functions, axioms and instances, was composed of emergency case subject, emergency case object, and emergency event developmental process and so on. In ECOM, Web resource location was considered to assess the reliability of the cases information. Finally, the validity of ECOM was testified by an example of Wenchuan earthquake description.

Key words: emergency case; Ontology; eABC

0 引言

应急案例是对过去发生的突发事件及其处置过程的描述,是应急指挥决策的重要依据。收集、利用应急案例数据,合理表达应急案例知识是提高应急指挥决策效率的重要手段。

随着互联网技术的发展,大量应急案例信息以网页形式积累,数据量以指数趋势上升。但是,正如文献[1]分析,我们面临着“数据海洋,知识贫乏”的窘境:1) 缺乏合理知识表达,对于应急案例表达,至今没有形成得到公认的、完备的知识模型结构;2) 信息交互性差,互联网是一个开放的、分布的体系,应急案例信息由不同机构发布和维护,其描述和表达方式不尽相同,导致彼此间应急案例信息交互困难。

利用本体技术,为 Web 扩展语义信息,增强应急案例网页的理解与交互,是解决上述问题的有效途径。本体是描述知识模型的重要手段,是“共享概念模型明确的形式化规范说明”^[2],为领域信息共享和互操作提供共同理解。

本文构建应急案例本体模型 (Emergency Case Ontology Model, ECOM), 规范、组织应急案例知识,并在模型设计中,

考虑应急案例与网页位置、信息来源与可信性之间的关系。

1 相关工作

应急领域建模研究是近年来的研究热点,国际上一些研究机构做了大量工作。OASIS 于 2005 年设计、开发针对事件警报的通用信息交换标准 CAP(Common Alerting Protocol)^[3],描述预警信息交互的一般格式。该组织的另外一个标准 EDXL(Emergency Data Exchange Language)^[4] 扩展了 CAP 信息描述的范围,从应急相关的各方面(资源、过程等)制定数据交换通用标准。NICTA 针对太平洋海啸和卡特里娜飓风,设计了海啸警报标记语言(TWML)^[5] 和飓风警报标记语言(CWML)^[6],基于 XML 语言建立关于飓风和海啸的通用的数据交换标准,描述海洋灾害预警报信息。EarthquakeML^[7] 则是从地震应急的角度出发,建立地震灾害应急标记语言,它更多考虑地震观测数据与地理位置绑定信息的描述。上述工作针对不同的应急事件设计应急信息交互模式,提取应急领域关键要素,概括应急领域相关概念,实现各应急部门之间的信息交互。但是,上述模型没有刻画应急要素之间的关系,不利于表示应急要素之间的联系。

收稿日期: 2008-12-01; **修回日期:** 2009-02-17。 **基金项目:** 教育部博士点基金资助项目(20070056015);微软亚洲研究院创新研究基金项目(FY08-RES-THEME-227);天津市科技支撑计划重点资助项目(08ZCKFCX01600;08ZCKFCX01800);信息化工程与软件产业发展互动计划(07FZRJGX022200)。

作者简介: 王文俊(1970-),男,湖南双峰人,教授,博士生导师,博士,主要研究方向:应急信息系统; 杨鹏(1982-),男,内蒙古乌兰察布人,博士研究生,主要研究方向:知识表示、语义推理; 董存祥(1969-),男,河北张家口人,高级工程师,硕士,主要研究方向:知识表达、语义推理。

文献[8]以 SUMO 为上层本体,从任务、过程、动作等方面设计了描述军事应急预案流程的本体模型;文献[9]则从社会应急的角度定义了灾害应急管理模型,刻画了灾害、公共基础设施、地区/人口以及作为应急主体的人之间交流协作的本体概念关系,将灾害事件相关的客体和行为主体关联起来,为应急响应过程提供基本概念交互关系。文献[10]中则认为,应急信息知识建模需要回答事件内容、事件发展、事件处置三方面内容,进而开发应急事件仿真模型和知识模型。这部分工作大多针对各自需求从应急案例某个方面定义应急概念和概念间的关系,进而表达这方面的知识结构,没有形成完整的应急案例知识体系。

2 ECOM 建模

ECOM 针对网页应急案例构建本体模型,表达应急案例知识。考虑交互性与应急案例知识表达的需要,模型采用分层结构,即上层本体和应用层本体。上层本体满足应急领域复杂事件的通用概念描述,实现与其他领域本体融合、交互;应用层本体扩展上层本体,描述应急案例知识,同时针对网页特点,考虑应急案例信息网页存储位置和信息发布者,并依此评估信息可信度。

2.1 上层本体建模

2.1.1 ABC 本体模型

Harmony 项目开发 ABC 本体模型^[11]着眼于对事件概念的建模,通过对事件、情景、动作、Agent 等概念和概念间关系的描述,表达事件内容。主要概念包括:

- 1) 具象类 Actuality, 描述客观世界的现实存在;
- 2) 时象类 Temporality, 描述具有时间存在性的实体;
- 3) 情景 Situation, 一个 Situation 描述一个上下文环境 (Context), 表达具有时间依赖性的 Actuality 的断言;
- 4) 事件 Event, 说明情景间转换, 通过 precedes 和 follows 属性与 Situation 建立关系, 并与动作 (Action)、行为主体 (Agent) 相互关联。Event 上下文中的 Action 由 Agent 触发, 产生对客观世界的改变是与时间相关联的。

ABC 本体具有轻量级、通用性好, 概念清晰等优点, 对一般事件过程能进行良好的表达。但是, 应急案例表达是一个跨领域的知识工程, 应急案例本身又属于多事件集成, 每个子事件由多个过程组成。ABC 本体对于多粒度案例事件表达存在困难, 主要表现在:

- 1) ABC 本体中事件描述粒度通过 Event 逐层嵌套表达。没有定义过程 (Process) 概念, 对应急案例复杂性事件过程表达能力不足;
- 2) ABC 本体中 Agent 表达事件的行为主体, 用于表达单一事件具有简洁、清晰的特点, 但是对于应急案例这种多类型主体(如事件处置主体、有时事件本身就是主体)的事件, 其表达能力不足;
- 3) 应急组织是应急案例的核心要素, ABC 本体缺乏对组织概念的描述。

2.1.2 eABC 建模

为了更准确表达应急案例过程和知识结构, 本文对 ABC 本体进行扩展, 增加组织结构和过程等概念, 构建 extended-ABC(eABC) 本体作为 ECOM 的上层本体, 其结构如图 1 所示 (ABC 为 ABC 原有概念, eABC 为扩展 ABC 概念)。出于直观

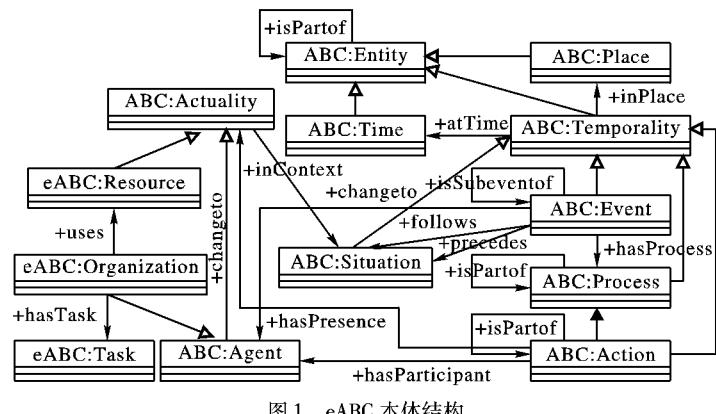


图 1 eABC 本体结构

表示的考虑, 本文采用 UML 表达本体模型。

在 eABC 中, 扩展概念如下:

- 1) 组织 Organization, 是 Agent 扩展子类, 表达具有一定目的的人按照某种结构形成的组合体以及相关的制度和规范;
- 2) 资源 Resource, 是 Actuality 扩展子类, 表达 Organization 可供利用的实体;
- 3) 任务 Task, 是 Temporality 扩展子类, 表达 Organization 任务和职能, 具有时间依赖性;
- 4) 过程 Process, 是 Temporality 扩展子类, 表达 Event 随时间推演在空间上变化的阶段, 由 ABC 中概念 Action 组成。

eABC 扩展关系: 转换 changeto, 表示 Domain Event 到 Range Agent 的转换。

2.2 应用层本体建模

以 eABC 为上层本体, 构建应急案例应用层本体模型。按照文献 [12] 提出的本体建模元语, 应用层本体 EC_DomainOntology 定义为一个五元组:

$$\text{EC_DomainOntology} := \langle \text{EC_Concepts}, \text{EC_Relations}, \text{EC_Functions}, \text{EC_Axioms}, \text{EC_Instances} \rangle \quad (1)$$

其中, EC_Concepts 表示应急案例实体概念集合, EC_Relations 表示应急案例两个实体概念间二元关系集合, EC_Functions 表示应急案例情景随条件(时间等)转换规则集合, EC_Axioms 表示应急案例永真公理集合, EC_Instances 表示应急案例实例。如图 2。

2.2.1 EC_Concepts

应急案例概念 EC_Concepts 定义如下:

$$\text{EC_Concepts} := \{ C \} \quad (2)$$

表示应急案例概念的集合, C 为应急案例相关概念。EC_Concepts 核心概念包括:

- 1) 网页应急案例 (Web Emergency Case)。表达一个以网页方式存储的应急案例的基本信息, 描述灾害事件发展信息、灾害事件处置信息等, 是应急案例应用层本体模型的核心概念。包含五个核心要素: “案例主体”、“案例客体”、“网页位置”、“事件处置”、“事件发展”, 属性包含灾害名称、灾害类型、发生事件等。

- 2) 应急事件 (Emergency Event)。ABC 概念 Event 的子类, 描述网页应急案例相关情景间转移。

- 3) 案例主体 (Emergency Case Subject)。描述应急事件处置过程和动作施动者。包含属性: 名称 (SubjectName)、类型 (SubjectType) 等。

- 4) 组织体系 (Organizational Framework)。在应急领域表达应急动作实施的主体, 是应急案例主体的实现方式, 包括由应急组织泛化的指挥机构、工作机构、处置机构、协同机构等, 组织体系具有具象性的特点。

5) 应急资源(Emergency Resource)。eABC 中 Resource 的子类,描述应急处置可供调配的资源,如交通工具、生活物资等。

6) 案例客体(Emergency Case Object)。ABC 中 Actuality 的子类,描述灾害事件相关的客观存在,包括灾害事件影响受动体,但是不依赖应急案例事件而具有客观独立性。案例客体由客体地区(Region)、客体设施(Infrastructure)、客体人口(People)等要素组成。

7) 事件发展(Emergency Event Developmental Process)。eABC 中 Process 的子类,描述灾害事件本身的发展过程,综合应急灾害事件特点和其一般描述,事件发展包括子过程:发生过程(Happening Process)、蔓延过程(Sprawl Process)、爆发过程(Outbreak Process)、消亡过程(Consuming Process)。每个过程由一系列动作组成,并且每个过程可能包括子过程。

8) 事件处置(Emergency Event Response Process)。eABC

中 Process 的子类,描述案例主体对灾害事件的处置过程,依据应急事件处置过程,事件处置包括子过程:应急准备过程(Emergency Preparation Process)、灾害预警过程(Emergency Prediction Process)、灾害处置过程(Emergency Disposal Process)、应急恢复过程(Emergency Recovery Process)。每个过程也是由动作组成,同样可能包含子过程。

9) 网页位置(Web Resource Location)。从不同粒度描述应急案例信息存储位置,是应急案例信息来源的元模型表达。应急案例信息来源包括网页段(Web Segment)、网页(Web Page)、网页集合(Web Set)、网站(Web Site)。网页通过网页元数据(Web Page Meta Data)描述,网站通过网站元数据(Web Site Meta Data)描述。网页元数据、网站元数据是 Dublin Core 的子类。网页位置包括 URL、发布者(Publisher)等属性,定义 URL 目的之一是确定应急案例来源,进而评估信息的可信度。

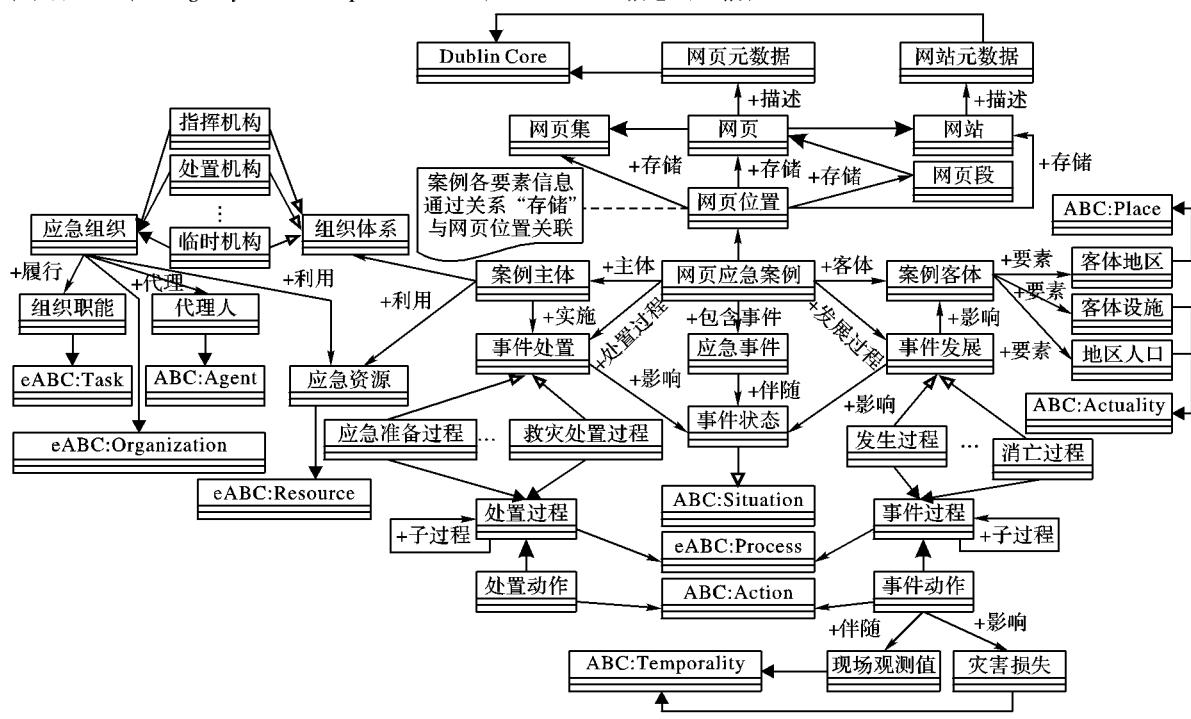


图2 ECOM 模型

2.2.2 EC_Relations

应急案例关系 EC_Relations 定义如下:

$$\text{EC_Relations} = \{ R(c_1, c_2) \mid c_1, c_2 \in \text{EC_Concepts} \} \quad (3)$$

表示应急案例概念间二元关系的集合,应用层本体中包含的核心关系如下:

1) 组成(composes)。描述一个应急案例实体是由其他多个应急案例实体组合形成。如组织体系与应急机构、事件发展与发生过程等。

2) 利用(uses)。继承 ABC 中的概念 uses,描述两个应急实体之间的利用与被利用关系。如应急主体与应急资源。

3) 实施(implements)。描述应急案例主体与行为动作之间的施、受动关系。如案例主体与事件处置。

4) 伴随(follows)。继承 ABC 中的概念 follows,描述应急案例事件中情景的转移关系。如应急事件与事件状态。

5) 影响(affects)。描述一个应急案例实体对另一个应急案例实体作用的结果。如事件发展与案例客体。

2.2.3 EC_Functions

应急案例函数 EC_Functions 定义如下:

$\text{EC_Functions} := \{ F : S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n \times T \rightarrow S_1, S_2, \dots, S_n, S \in \text{EC_Concepts} \cup \text{EC_Relations}, T \in \text{EC_Concepts} \} \quad (4)$

表示应急案例事件情景间转移规则集合,其中 S_i 表示事件所处的情景,T 为当前的转移条件。本文以国家地震应急预案定级为例,说明 ECOM 函数库建模方式:

情景:

造成 300 人以上死亡,发生在人口较密集地区 7.0 级以上地震,为特别重大地震灾害。

表达方式:

$$\exists a (\text{earthquake}(a) \cap \text{morethan7}(a) \cap \text{isCrowded}(\text{location}(a)) \cap \text{morethan300}(\text{victim}(a)) \rightarrow \text{severalevel}(a))$$

其中,earthquake(地震)为发生情景、morethan7(七级以上),morethan300(victim(a)),isCrowded(人口稠密区)为条件,确定规则 severalevel(特别重大地震)。

2.2.4 EC_Axioms

应急案例公理 EC_Axioms 定义如下:

$$\text{EC_Axioms} := \{ A : S_1 \times S_2 \times \dots \times S_n \rightarrow S_1, S_2, \dots, S_n \in \text{EC_Concepts} \cup \text{EC_Relations} \cup \text{EC_Functions}, S \in \text{EC_Concepts} \cup \text{EC_Relations} \} \quad (5)$$

EC_Axioms 转移规则中去除了条件 T, 表示在任何上下文环境中都为真的断言。EC_Axioms 通过概念和关系的继承、泛化、关联方式表达。还以地震为例, 说明公理定义。

公理：

七级以上地震是强震。

表达方式：

$\exists a (\text{earthquake}(a) \cap \text{morethan7}(a)) \rightarrow \text{Strongeq}(a)$

2.2.5 EC_Instances

应急案例实例 EC_Instances 定义如下：

Instances := { Instance | instance \in EC_Concepts \cup
EC_Relations }

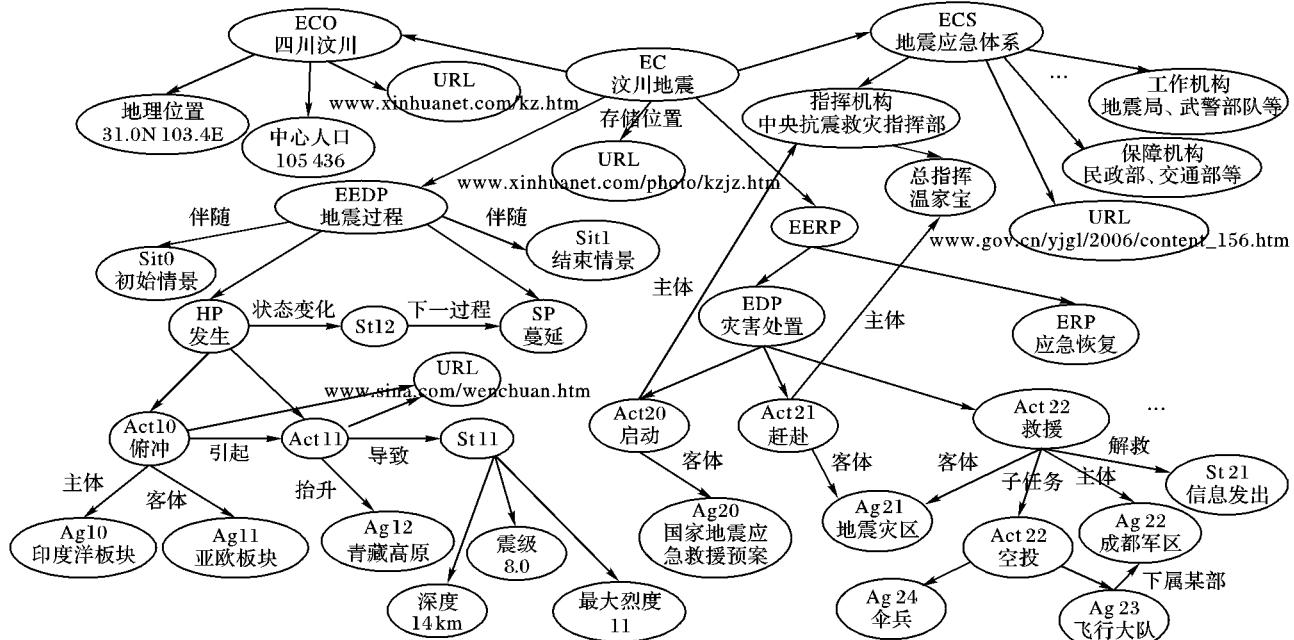


图3 汶川地震案例网页知识片段表达

如图 3 所示,汶川地震应急案例的知识表示中,椭圆中心文字表示应急案例知识模型相关概念和概念实例。如 EC 表示概念应急案例,汶川地震则是应急案例的一个实例。

按照 ECOM 的架构,可以从汶川地震扩展出四个关键要

素,即地震灾害的客体四川汶川,地震灾害应急的主体地震应急体系,地震发生、发展的过程,地震的应急处置过程。通过 ECOM 实现对汶川地震灾害案例知识整理,按照知识结构进行分类、归档,其结果如表 1 所示。

表 1 汶川地震案例要素知识结构

案例要素		实例词汇
概念实例	应急案例事件	地震; 四川汶川地震
	应急指挥机构	国务院; 抗震救灾指挥部; 总指挥...
	地震案例主体	国家地震局; 卫生部; 民政部; 国家安监总局...
	应急工作机构	成都军区; 武警部队; 济南军区; 公安部消防局; 天津武警总队 ...
	应急处置机构	中国红十字会; 中国人民保险; 香港红十字会...
关系实例	应急协同机构	卫生部防疫工作组; 俄罗斯战地医疗队...
	应急临时机构	...
	组成类关系	下属; 集合; 集结; 结成; 募集...
	利用类关系	调派; 指挥...
	实施类关系	救援; 执行; 抵达; 搜救; 待命; 开赴; 前往 ...
关系实例	伴随类关系	跟随; 反馈; 发生...
	影响类关系	造成; 导致; 引起...
		...

3 结语

本文构造了广义 Jensen-Schur 测度,并分析了函数 g 是巴特沃思函数时该类测度的配准性能。利用巴特沃思函数的对自变量值的非线性压缩功能,新构造的广义 Jensen-Schur 测度 JS_2, JS_3 ,可以消除 PV 插值造成的局部伪极值,光滑性能很好,并有很高的运算效率。相对于互信息测度、归一化互信息测度、 JS_1 测度, JS_2 和 JS_3 测度具有更好的抗噪声能力,更强的收敛性能。考虑到更高运行效率, JS_2 适合替代传统测度进行医学图像配准。

参考文献:

- [1] COLLIGNON A, MAES F, DELAERE D, et al. Automated multi-modality medical image registration using information theory [C]// Information Processing in Medical Imaging. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995: 263 – 274.
- [2] VIOLA P, WELLS W M. Alignment by maximization of mutual information [C]// Proceedings of the 5th International Conference on Computer Vision. Washington, DC: IEEE Computer Society, 1995: 16 – 23.
- [3] MAES F, COLLIGNON A, VANDERMEULEN D, et al. Multimodality image registration by maximization of mutual information [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 1997, 16(2): 187 – 198.
- [4] PLUIM J P W, MAINTZ J B A, VIERGEVER M A. Mutual information based registration of medical images: A survey [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2003, 22(8): 986 – 1004.
- [5] MARTIN S, DURRANI T S. A new divergence measure for medical image registration [J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2007, 16(4): 957 – 966.
- [6] 胡顺波, 刘常春, 杨金宝. 新的 Jensen-Schur 测度在医学图像配准中的应用[J]. 光电子·激光, 2008, 19(10): 1419 – 1422.
- [7] STUDHOLME C, HILL D L G, HAWKES D J. An overlap invariant entropy measure of 3D medical image alignment [J]. Pattern Recognition, 1999, 32(1): 71 – 86.
- [8] CHEN HUA-MEI, VARSHNEY P K. Mutual information-based CT-MR brain image registration using generalized partial volume joint histogram estimation [J]. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2003, 22(9): 1111 – 1119.
- [9] 冯林, 严亮, 贺明峰, 等. 图像配准中确定性扰动 PV 插值算法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(5): 908 – 914.
- [10] MARSHALL A W, OLKIN I. Inequalities: Theory of majorization and its applications [M]. New York: Academic Press, 1979: 3 – 8.
- [11] YUN HE, HAMZA A B, KRIM H. A generalized divergence measure for robust image registration [J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2003, 51(5): 1211 – 1220.
- [12] GONZALEZ G C, WOODS R E. 数字图像处理 [M]. 2 版. 阮秋琦, 阮宇智, 译. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [13] JOHNSON K A, BECKER J A. The whole brain: Atlas [DB/OL]. [2008-04-26]. <http://www.med.harvard.edu/AANLIB/home.html>.
- [14] CAPEK M, MROZ L, WEGENKITTL R. Robust and fast medical registration of 3D-multi-modality data sets [C]// Proceedings of the International Federation for Medical and Biological Engineering. Washington, DC: IEEE Press, 2001: 515 – 518.

(上接第 1440 页)

4 结语

本文研究网页应急案例知识表示模型,构建 ECOM 本体。其中,以扩展的 ABC 模型为上层本体,实现与其他领域知识的共享,并在此基础上,构建应急案例应用层本体,从应急案例主体、应急案例客体、应急处置过程、客观事件发展过程等方面描述应急案例知识。并以汶川地震案例为例,描述了模型的知识表示过程。

下一步,我们将以 ECOM 为基础,研究以本体为指导的网页应急案例知识抽取和语义浏览,实现网页应急案例的获取、表达和展示,为应急处置提供可视化的辅助决策手段。

参考文献:

- [1] 程勇. 基于本体的不确定性知识管理研究 [D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2005.
- [2] STUDER R, BENJAMINS V R, FENSEL D. Knowledge engineering: Principles and methods [J]. Data and Knowledge Engineering, 1998, 25(1 – 2): 161 – 197.
- [3] Common Alerting Protocol, v. 1. 1: OASIS Standard CAP-V1. 1 [S]. 2005.
- [4] Emergency Data Exchange Language (EDXL) [EB/OL]. [2008-05-30]. <http://xml.coverpages.org/edxl.html>.
- [5] IANNELLA R, ROBINSON K. Tsunami Warning Markup Language (TWML), V1. 0: A standards-based language for tsunami bulletins [EB/OL]. [2008-09-06]. http://www.nicta.com.au/_data/assets/pdf_file/0007/7567/TsunamiWarningML-V10.pdf.
- [6] SUN S, IANNELLA R, ROBINSON K. Cyclone Warning Markup Language (CWML), V1. 0: A standards-based language for cyclone advices [EB/OL]. [2008-03-25]. http://nicta.com.au/_data/assets/pdf_file/0005/8645/CWML-10.pdf.
- [7] HASSAN A, BABAIE A. Developing the earthquake markup language and database with UML and XML schema [J]. Computers and Geosciences, 2005, 31(9): 1175 – 1200.
- [8] LEE C H, LEE H B, NG G W, et al. Plan Ontology and its application [C]// 7th International Conference on Information Fusion. Stockholm: JAIF, 2004: 455 – 460.
- [9] SOTOODEH M. Ontology-based semantic interoperability in emergency management [D]. Columbia: University of Bristish, 2007.
- [10] JOSEFA Z, HERNANDEZ, SERRANO J M. Knowledge-based models for emergency management systems [J]. Expert Systems with Applications, 2001, 20(14): 173 – 186.
- [11] LAGOZE C, HUNTER J. The ABC Ontology and model (Version3) [J]. Journal of Digital Information, 2001, 1(2): 478 – 496.
- [12] PEREZ A G, BENJAMINS V R. Overview of knowledge sharing and reuse components: Ontologies and problem-solving methods [C/OL]// Proceedings of the IJCAI-99. 1999 [2008-09-21]. <http://ftp.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-18/1-gomez.pdf>.