

民航应急决策方案语义模型构建方法的研究*

周文涛¹, 王红^{1,2}, 王静¹, 朱悦莉¹, 潘振杰¹

(1. 中国民航大学 计算机科学与技术学院, 天津 300300; 2. 天津大学 管理学院, 天津 300072)

摘要: 为解决民航应对突发事件时无法快速生成应急决策方案的问题,采用语义业务流程管理(SBPM)的思想,运用语义标注的方法,给出了民航应急救援过程的结构约束定义方法和语义模型的建立过程,实现了民航应急救援业务流程的语义化。该模型在有效规范应急救援行为、协调组织救援单位关系的同时,为应急救援方案的自动生成提供了方法支撑。

关键词: 民航突发事件; 应急救援方案; 语义标注; 语义业务流程管理; 语义模型; 业务流程; 结构约束

中图分类号: TP315; TP182 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)01-0195-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.01.050

Research on constructing semantic model of emergency decision-making plan for civil aviation

ZHOU Wen-tao¹, WANG Hong^{1,2}, WANG Jing¹, ZHU Yue-li¹, PAN Zhen-jie¹

(1. School of Computer Science & Technology, Civil Aviation University of China, Tianjin 300300, China; 2. School of Management, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In order to solve the problem that the existed rescuing system of civil aviation cannot generate a reasonable emergency decision-making plan according to the specific kind of emergency, to which this paper applied the idea of semantic business process management (SBPM), presenting the method of how to construct the structural rules of emergency rescue process for civil aviation and the process of semantic model building, and realized the semantization of business process for civil aviation by means of semantic annotation, which not only normalize the rescuing actions, coordinate the relationship among rescuing units, but offer decision-making plan auto-generation a methodological support.

Key words: civil aviation emergency case; emergency decision-making plan; semantic annotation; SBPM; semantic model; business process; structural rules

0 引言

目前,各民航企事业单位都开发了软硬件平台各异的应急决策系统,用于在突发事件发生时辅助决策人员指挥救援。但是,由于这些系统中积累的应急信息一般都以传统数据库、文件系统等半结构化或非结构化数据形式表示,计算机无法理解和处理,只能简单对应急信息孤立地进行管理,从而使得基于传统数据库的系统不能有效合理地组织救援单位、救援资源、救援预案等应急信息快速生成应急决策方案。

语义业务流程管理(SBPM)^[1,2]是在传统的业务流程管理(BPM)技术基础上集成语义技术(如本体、语义网),以在语义层面上提供一种机器可读的业务流程表示,最终通过语义检索及推理等技术提高业务流程的自动实现、自动执行、自动监视等能力。本文引入SBPM的思想,以民航应急救援管理规定与相关手册为基准,研究如何对民航应急救援业务流程进行语义化,添加结构约束,为应急救援方案的快速生成提供具有语义的数据与方法支持。

1 民航应急救援业务流程的语义化

为使民航应急救援业务流程可被计算机理解和处理,进而实现基于语义检索与推理生成应急救援方案,需要对民航应急救援业务流程进行语义化。基本思路如下:

a)根据民航应急救援手册及相关规定,以业务流程建模与标注说明书^[3]为建模标准,用业务流程建模工具(eclipse BPMN modeler)构建一个基于民航应急救援的业务流程图(AE_BPD),并用民航机场领域本体(AEDO)中的概念对图中的对象进行语义标注。

b)采用描述逻辑定义两个本体的合并公理^[4],以AEDO本体为领域概念模型,业务流程建模与标注本体(BPMNO)^[5]为结构模型,将两个本体按本体合并公理进行合并。

c)采用Di Francescomarino等人^[6-9]的语义标注实现方法,实现语义标注,即实现对民航应急救援流程的语义化。

1.1 实现原理

图1包含四个模块:BPMNO、AEDO、合并公理及AE_BPD。

收稿日期:2012-05-29; 修回日期:2012-06-30 基金项目:国家自然科学基金委员会与中国民用航空局联合资助项目(61079007)

作者简介:周文涛(1986-),男,硕士研究生,CCF会员,主要研究方向为知识表示、本体推理、语义网技术(wtzhou2010@hotmail.com);王红(1963-),女,教授,CCF会员,主要研究方向为本体技术、数据挖掘、智能信息处理;王静(1980-),女,讲师,博士,主要研究方向为知识表示、语义网;朱悦莉(1986-),女,硕士研究生,CCF会员,主要研究方向为本体存储、语义网技术;潘振杰(1987-),男,硕士研究生,CCF会员,主要研究方向为语义检索、语义网技术。

其中:AE_BPD 提供民航应急救援的实例,如具体的救援单位、救援行为等;AEDO 用于确定 AE_BPD 中描述对象的领域概念,如救援单位“消防队”。通过合并公理,将 AEDO 中的概念合并到 BPMNO 中,用 BPMNO 中定义的概念来组织救援单位、信息传递等救援行为,如概念 sequenceFlow 表示顺序流等。

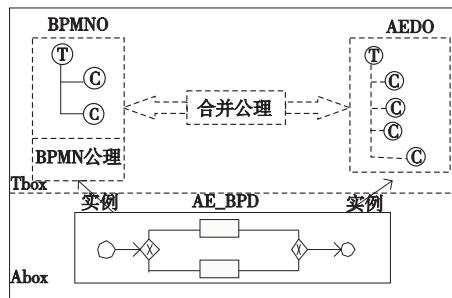


图1 民航应急救援业务流程语义实现原理

下面对以上四个模块分别进行说明:

a) BPMNO。业务流程建模标注本体,其语义描述了 BPMN 的结构化元素;用于在实现语义化民航应急救援业务流程的过程中,为救援流程行为的组织、单位间信息传递等结构内容提供语义信息。该本体主要由以下内容构成:

(a) 用于描述 BPMN 图基本元素的 graphical_element 类,它包含用于描述连接对象的 connecting_Object 子类、数据流对象的 flow_Object 子类等内容。

(b) 用于辅助描述图元素的 supporting_Element 类,它包含用于描述事件的 event_Detail 子类、描述条件的 condition 子类、描述角色的 role 子类等内容。

(c) 多个数据属性、对象属性、类公理等内容。

b) AEDO。民航机场应急救援领域本体,以 DOLCE^[10] 本体为上层本体,依据民航突发事件救援计划的特征,用 OWL-DL 语言对应急救援所需的知识进行的形式化规范描述。AEDO 用于描述救援行为及救援单位的领域概念。目前,该本体包含有 56 个类,70 个对象属性及多个类公理及对象属性公理。其中,主要的类是用于描述应急救援行为的 rescuing_Action 类。

c) 合并公理。用于对应 AEDO 中的领域概念和 BPMNO 中描述组织结构元素的概念。合并公理的内容如下:

- (a) BPMNO; data_object $\subseteq$ AEDO; enduring
- (b) BPMNO; connecting_object $\subseteq$ AEDO; perdurant
- (c) BPMNO; activity $\subseteq$ AEDO; rescuingAction
- (d) BPMNO; event $\subseteq$ AEDO; event
- (e) BPMNO; swimlane $\subseteq$ AEDO; enduring

上式分别将 BPMNO 中的概念 data_object、connecting_object、activity、event、swimlane 定义成为 AEDO 中的概念 enduring、perdurant、rescuingAction、event、endurant 下面的子类。

d) AE_BPD。民航应急救援业务流程图,根据民航应急救援手册及相关规定,按照 OMG 组织对 BPMN 的描述,构建的一个在民航应急救援领域所遵循的应急救援业务流程,如图 2 为有关于“现场指挥部”与“救援单位”的业务流程。

AE_BPD 一共包括四个池:塔台、运行指挥中心、现场指挥部和救援单位。图 2 只给出其中两个池的示意,分别为现场指挥部、救援单位。其中,现场指挥部池主要包括赶赴现场、上报

现场情况、指挥救援、上报救援情况四个行为;救援单位池主要包括紧急出动、汇报现场情况、执行救援、上报救援情况四个行为;实线表示救援单位在整个救援过程中的行为关系,虚线表示部分救援单位间的信息传递关系。

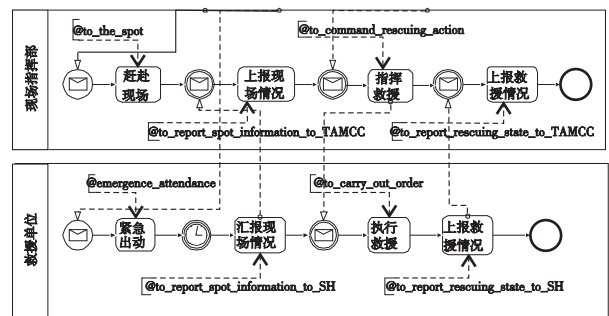


图2 民航应急救援业务流程(AE_BPD)

在创建 AE_BPD 图的过程中,需要用 AEDO 本体中的相关概念对 AE_BPD 中的对象进行语义标注,如图 2 中的“@to_command_rescuing_action”,其中符号“@”用于标志该概念是来自 AEDO 本体的领域概念,“to_command_rescuing_action”表示行为是指指挥救援。在实现民航应急救援业务流程语义化时,该图描述的所有对象将分别成为 BPMNO、AEDO 的实例。

1.2 语义化 AE_BPD

本文用 merging_Axioms (BPMNO, AEDO) 表示合并公理的内容,用 constraints (BPMNO, AEDO) 表示结构约束的内容。语义化 AE_BPD 过程如下:

a) 在 Protégé 2.0 上执行逻辑语句 $BPMNO \cap AEDO \cap Merging_axioms(BPMNO, AEDO)$, 实现原理图中虚线以上内容,得到中间本体 AE_BPMNO_Tbox。

b) 用推理机 HermiT 对步骤 a) 所得的本体进行一致性验证,验证通过,进入步骤 c); 否则,对出现不一致的关系进行调整,重新进行一致性验证,直到验证通过。

c) 定制 *.bpmn 文件与步骤 b) 所得本体的映射文件,文件格式为 XML。

d) 结合步骤 b) c), 以及 AE_BPD 对应的 *.bpmn 文件,本文采用 Di Francescomarino 等人^[6-8] 提出的语义标注实现方法,并调用外部推理机 pellet,将 AE_BPD 中描述的实例元素填充到 AE_BPMNO_Tbox 本体中,得到初始民航应急救援语义业务流程模型(AE_BPMNO)。

e) 用推理机 HermiT 对步骤 d) 所得的 AE_BPMNO 进行一致性验证。验证通过,该本体即是基于民航应急救援的 BPMN 语义模型; 否则,对不一致的关系进行调整,重新进行一致性验证,直至验证通过。

所得的民航应急救援业务流程模型 AE_BPMNO 如图 3 所示(本文只给出部分内容以示意)。图 3 展示了 AE_BPMNO 的部分结构。实线椭圆表示 BPMNO 中的实例,如 pool1 (池)、task1 (行为/动作)、messageflow (信息流)等;虚线椭圆表示 AEDO 中的实例,如运行指挥中心、上报救援情况等;箭头表示实例间存在关系,箭头上方的文字即具体的关系,如 task1 具有对象数据属性 has_flow_object_name,其值为上报救援情况。

2 民航应急救援流程结构约束的描述与表示

由于不同的民航突发事件对应不同的应急救援过程,于

文字表示实例间具体的关系,如数据属性 `has_flow_object_name`,表示实例 A 有流对象名称为实例 B。

图 4 中加粗部分展示了由动作“task@1”(汇报现场情况)推出下一个动作“task@2”(执行救援)的过程。推理过程如下:

a) 以 task@1 实例为推理起始点,通过它的对象属性 `has_sequence_flow_source_ref_inv` 推理得到动作连接的下一个流对象为实例 `sequenceFlow1`(顺序流)。

b) 由实例 `sequenceFlow1` 的对象属性 `has_sequence_flow_target_ref` 推理获得下一个流对象为 `intermediate_event@1`,由该对象的 `type` 属性可知其为 `message_intermediate_event`(信息事件类)的实例,亦即意味着方案要执行下一行为,需要先收到一个从其他救援单位发送的信息。

c) 在收到救援单位发送的信息之后,由实例 `intermediate_event@1` 的对象属性 `has_sequence_flow_source_ref` 推理得到下一个连接的流对象为 `sequenceFlow3` 实例。

d) 通过实例 `sequenceFlow3` 的对象属性 `has_sequence_flow_target_ref` 找到 task@1 的下一个动作为 task@2,并通过 task@2 的数据属性 `has_flow_object_name` 推理得到该行为的名称为执行救援。

其他动作间的顺序关系及救援单位间的信息传递关系等均可通过以上对 AE-BPMNO 模型的推理获得。

从对推理结果的分析可知,在以该本体模型作为基础数据进行推理生成决策方案时,不仅可以组织好方案中每个救援单位内部的救援行为,而且在方案执行时,通过推理,还可以根据信息的传递规则,协调组织好单位间的救援关系。

在 Jena 语义框架下,通过构建一个语义检索的实例程序,验证其在编程实现时的可行性。例如,通过推理,查询运行指挥中心在信息汇总分析行为之后,下一个应该执行的动作。SPARQL^[13] 语句如下:

```
SELECT ?n1 ?n2
WHERE {
  //指定参数 tk1,tk2 的类型为 BPMNO 的 task 类
  ?tk1 rdf:type BPMNO:task.
  ?tk2 rdf:type BPMNO:task.
  //指定参数 pc 的类型为 BPMNO 的 pool 类
  ?pc rdf:type BPMNO:pool.
  //指定参数 seqf 的类型为 sequence_flow
  ?seqf rdf:type BPMNO:sequence_flow.
  //令 pc 的值为救援单位池
  ?pc BPMNO:has_swimlane_name'救援单位'.
  //指定行为 tk1 的类型为 AEDO 的 to_report_spot_information_to_SH 类
  ?tk1 rdf:type AEDO:to_report_spot_information_to_SH.
  //seqf 连接的上一个行为是 tk1
  ?seqf BPMNO:has_sequence_flow_source_ref ?tk1.
  //seqf 连接的下一个行为是 tk2
  ?seqf BPMNO:has_sequence_flow_target_ref ?tk2.
  //令行为 tk1 所对应的救援行为名称为 n1
  ?tk1 BPMNO:has_flow_object_name ?n1.
  //令行为 tk2 所对应的救援行为名称为 n2
  ?tk2 BPMNO:has_flow_object_name ?n2.
```

}

程序执行的结果 n1 为汇报现场情况,n2 为执行救援。因此,在辅助生成决策方案时,通过对模型的检索推理,很容易就可以获得下一步应该执行的动作。但是,根据第 3 章中描述的执行顺序与信息传递约束,执行救援行为为开始,救援单位还需要收到现场指挥部发布的救援指令。于是,在救援单位开始执行救援的行为之前,应先读取收到的指令,按指令的内容指导救援行为,从而有效提高辅助决策的能力。

4 结束语

本文借鉴了 Di Francescomarino 等人对语义业务流程的研究思想,将语义业务流程管理技术的语义标注方法引入民航应急救援管理中,通过语义标注民航应急救援业务流程图,实现民航应急救援业务流程的语义化,生成应急决策方案的语义模型(AE-BPMNO)。从对 AE-BPMNO 本体的处理结果可以看出,该模型一方面有效保留了本体技术在解决民航机场各单位间信息共享、交互难等方面的优势,另一方面为应急救援方案的推理与生成所需的行为关系、救援单位间的组织协调等操作提供了很好的语义信息。但手工标注业务流程实例图的方法依然存在效率不够高的问题,如何快速自动地构建语义业务流程模型是有待进一步深入研究的问题。

参考文献:

- [1] WETZSTEIN B, MA Zhi-lei, FILIPOWSKA A, et al. Semantic business process management: a lifecycle based requirements analysis [C]//Proc of Workshop on Semantic Business Process and Product Lifecycle Management. 2007.
- [2] HEPP M, LEYMANN F, DOMINGUE J, et al. Semantic business process management: a vision towards using semantic Web services for business process management [C]//Proc of IEEE International Conference on e-Business Engineering. [S.l.]: IEEE Computer Society, 2005:535-540.
- [3] OMG. Business process modeling notation, ver. 1. 1. [EB/OL]. (2008). <http://www.omg.org/spec/BPMN/1.1/PDF>.
- [4] GHIDINI C, HASAN M K, ROSPOCHER M, et al. A proposal of merging axioms between BPMN and DOLCE ontologies, FBK-irst [R/OL]. (2009). https://dkm.fbk.eu/index.php/BPMN_Related_Resources.
- [5] GHIDINI C, ROSPOCHER M, SERAFINI L. A formalization of BPMN in description logics, TR 2008-06-004 [R/OL]. https://dkm.fbk.eu/index.php/BPMN_Related_Resources.
- [6] Di FRANCESCO MARINO C, TONELLA P. Supporting ontology-based semantic annotation of business processes with automated suggestions [C]//Proc of the 14th International Conference on Exploring Modeling Methods in Systems Analysis and Design. 2009.
- [7] Di FRANCESCO MARINO C, GHIDINI C, ROSPOCHER M, et al. Semantically-aided business process modeling [C]//Proc of the 8th International Semantic Web Conference. 2009:114-129.
- [8] Di FRANCESCO MARINO C, GHIDINI C, ROSPOCHER M, et al. Reasoning on semantically annotated processes [C]//Proc of the 6th International Conference on Service-Oriented Computing. 2008:132-146.
- [9] Di FRANCESCO MARINO C, GHIDINI C, ROSPOCHER M, et al. A framework for the collaborative specification of semantically annotated business process [J]. Journal of Software Maintenance and Evolution and Practice, 2011, 23(4): 261-295. (下转第 210 页)

话时要根据对象来具体选择是“喝”还是“吃”,这样才能转损到位。还有一点是:表9中乙的第一句中“屋里没得人”中的“得”也可略去。

表9 标准语音信息表

对话人	对话内容
甲	你吃饭没咯?
乙	我还没吃,屋里没得人,我等我爸爸,他出去买纸去了。
甲	你吃点肉,肉冷了。
乙	我先喝点水。
甲	还吃什么菜咯?
乙	黄瓜,豆腐和辣椒。

作者针对表6给出的原始语言信息,以对话人语言交流的逻辑性程度高低为准则,结合对话人所处的语言环境和方言发音的相关先验知识,基于人工代谢算法对修音进行寻优搜索。实验分析表明,人工代谢算法能较好地识别特定的鼻音、舌音对方言发音的影响,从而降低这两方面可能产生的一些语言信息误导。方言辨识有效率总体可以达到80%,能对日常对话中的地方语言理解起到较好的辅助作用。

4 结束语

中国的语言文字是丰富多彩的。随着改革开放的不断深入,不论是出于保护汉语语言遗产的需要还是促进国际交流的目的,更多的汉语方言将进一步地为世人所认同。本文针对方言的特点,以湘汨地区语言为例,研究了一种方言编码及其与普通话的转换机制。基于对话的先验知识,通过人工代谢算法对方言进行辨识和编码修正。实例分析表明,本文所提出来的方案能不断地对方言信息进行特征滚动优化提取,不断缩小搜索空间,最终达到合适的转换效果。

应该指出的是,本文所提出的编码和转换机制还是较为随机的,搜索效率还不太高。如何根据不同语言的特点,为其量身定制特定的编码方式和转换体系,在充分挖掘当前语料信息的基础上提高系统的分析效率将是进一步研究的课题。

参考文献:

- [1] LEI Yun, HANSEN J H. L. Dialect classification via text-independent training and testing for Arabic, Spanish, and Chinese[J]. *IEEE Trans on Audio, Speech and Language Processing*, 2001, 19(1): 85-96.
- [2] WIELING M, NERBONNE J. Bipartite spectral graph partitioning for clustering dialect varieties and detecting their linguistic features[J]. *Computer Speech and Language*, 2011, 25(3): 700-715.
- [3] BOZICNIK S, MULEJZ M. From division to integration of natural and social sciences by the universal dialectical systems theory[J]. *Cybernetics and Systems*, 2009, 40(4): 337-362.
- [4] 贾珈,蔡莲红,李明,等. 汉语普通话与沈阳方言转换的研究[J]. *清华大学学报:自然科学版*, 2009, 49(S1): 1309-1315.
- [5] 许慧慈,钱盛友. 湖南方言声频特性的计算机分析[J]. *电声技术*, 2007, 31(4): 56-58.
- [6] 王岐学,钱盛友,赵新民. 基于差分特征和高斯混合模型的湖南方言识别[J]. *计算机工程与应用*, 2009, 45(35): 129-131.
- [7] 顾明亮,夏玉果,张长水,等. 基于AdaBoost的汉语方言辨识[J]. *东南大学学报:自然科学版*, 2008, 38(4): 585-588.
- [8] 沈兆勇,顾明亮,杨亦鸣. 基于GMM符号化和置信判别的汉语方言自动辨识研究[J]. *计算机科学*, 2006, 33(11): 210-211.
- [9] 顾明亮,马勇. 基于高斯混合模型的汉语方言辨识系统[J]. *计算机工程与应用*, 2007, 43(3): 204-206.
- [10] 刘林泉,郑方,吴文虎. 基于小数据量的方言普通话语音识别声学建模[J]. *清华大学学报:自然科学版*, 2008, 48(4): 604-607.
- [11] 顾明亮,沈兆勇. 基于语音配列的汉语方言自动辨识[J]. *中文信息学报*, 2006, 20(5): 77-82.
- [12] 顾明亮,夏玉果,张长水. 基于支撑向量机的汉语方言辨识[J]. *计算机工程与应用*, 2007, 43(29): 210-213.
- [13] 朱颖,钱盛友,赵新民. 基于SOM神经网络和支持向量机的方言辨识[J]. *计算机工程与应用*, 2009, 45(22): 200-201.
- [14] 钱盛友,许慧慈. 基于动态时间规整和神经网络的方言辨识研究[J]. *计算机工程与应用*, 2008, 44(10): 211-213.
- [15] RUSSO G, GENTILE A, PIRRONI R. Knowledge discovery for the linguistic atlas of sicily project[J]. *Computer Systems Science and Engineering*, 2010, 25(2): 149-159.
- [16] 潘复平,赵庆卫,颜永红. 一种用于方言口音语音识别的字典自适应技术[J]. *计算机工程与应用*, 2005, 41(23): 4-6.
- [17] 周晓一. 基于遗传算法的计算机辅助语音处理研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2011.
- [18] 陆茵. 基于遗传算法和BP神经网络的汉语语音识别研究[D]. 南宁: 广西大学, 2007.
- [19] 普园媛,杨鉴,尉洪,等. 一个面向语音识别的云南民族口音普通话语音数据库[J]. *计算机工程*, 2003, 29(17): 87-89.
- [20] YUAN Tang-ming, MOORE D, REED C, et al. Informal logic dialogue games in human-computer dialogue[J]. *Knowledge Engineering Review*, 2011, 26(2): 159-174.
- [21] 胡扬. 人工代谢算法若干问题分析[D]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [22] 胡扬,桂卫华. 人工代谢算法在故障诊断中的应用[J]. *信息与控制*, 2010, 39(2): 228-233.
- [23] 谢波,陈岭,陈根才,等. 普通话语音情感识别的特征选择技术[J]. *浙江大学学报:工学版*, 2007, 41(11): 1816-1822.
- [24] DUFOUR S, NGUYEN N, FRAUENFELDER U H. Does training on a phonemic contrast absent in the listener's dialect influence word recognition? [J]. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2010, 128(1): 43-48.
- [10] GUARINO C N, MASOLO C, OLTRAMARI A, et al. Sweetening ontologies with DOLCE[C]//Proc of EKAW'02. 2002: 166-181.
- [11] BAADER F, CALVANESE D, MCGUINNESS D L, et al. The description logic handbook: theory, implementation, and applications[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [12] GHIDINI C, Di FRANCESCO MARINO C, ROSPOCHER M, et al. Semantics-based aspect-oriented management of exceptional flows in business processes[J]. *IEEE Trans on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 2012, 42(1): 25-37.
- [13] W3C Recommendation. SPARQL query language for RDF[EB/OL]. (2008). <http://www.w3.org/TR/2008/REC-rdf-sparql-query-20080115/>.

(上接第198页)