

# 基于本体的两阶段任务空间概念模型开发方法\*

吴永波,沙基昌,谭东风

(国防科技大学 信息系统与管理学院,湖南 长沙 410073)

**摘要** :任务空间概念模型是独立于实现的、真实世界中的军事活动以及相关要素的描述,是军事世界的第一层抽象,任务空间概念模型建模是军事系统开发中的重要内容。分析了任务空间概念模型研究现状和存在的问题,探讨了任务空间的特征,提出并建立了基于本体的两阶段任务空间概念模型开发方法。基于本体的两阶段方法能有效地促进模型的重用性、可信性,并有利于实现仿真系统的互操作,具有重要的研究和应用价值。

**关键词** :本体 ;任务空间 ;概念模型 ;基于知识的系统

**中图分类号** :TP391.9      **文献标识码** :A

## The Development Methodology of the Conceptual Model of Two Phases Mission Space Based on Ontology

WU Yong-bo, SHA Ji-chang, TAN Dong-feng

(College of Information System and Management, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract** :The conceptual model of mission space is the description of military operation in the real world and other related factors independent of implementation. It is the first abstraction of military activities. The modeling of the conceptual model of mission space is a vital step of the military system development. The main research includes analyzing the current research status and problems, discussing the characters of mission space, proposing and building the two-phase development methodology of conceptual model of mission space based on ontology, which can effectively improve reusability, creditability and facilitate interoperation.

**Key words** :ontology ; mission space ; conceptual model ; knowledge based system

### 1 任务空间概念模型简介

任务空间概念模型是在设计人员和开发工具的支持与帮助下,由军事人员对独立于具体实现的真实世界中作战任务、实体、环境以及它们之间关系的描述。任务空间概念模型是军事世界的第一层抽象,是一切军事系统开发的共同起点。规范和清晰的任务空间概念模型具有以下作用:

- 为作战人员和开发人员提供沟通的桥梁;
- 概念模型提供的权威数据源为仿真的可追溯性、可靠性、可信性奠定良好基础;
- 减少语义不一致性带来的问题,有助于仿真系统之间互操作;
- 通过在不同仿真团体之间共享知识达到重用目标。

美军国防部建模仿真办公室(DMSO)最早明确任务空间概念模型规范并建立了技术框架。在1995年制订的建模仿真主计划(MSMP)<sup>[1]</sup>中,任务空间概念模型(CMMS)是其重要组成部分。MSMP定义任务空间概念模型为“独立于仿真实现的作战人员关于真实军事世界中的过程、实体、环境因素以及构成特定使命、行动或任务的关系和交互的功能描述”,其目标在于“为仿真开发者提供对由别人创建、确认和维护的任务空间概念模型及时而高效的访问”。

在CMMS被列为DMSO主计划的关键组件之一后,世界上一些主要国家的军方都对CMMS进行了

\* 收稿日期:2005-09-05  
基金项目:国防科技大学创新基金项目(CX02-05-014)  
作者简介:吴永波(1976—),男,博士生。

研究并应用到实践之中。在国内,国防大学、国防科技大学和军事科学院等单位率先对任务空间概念建模进行了跟踪研究,并取得了一定的成果<sup>[2~4]</sup>。

## 2 传统开发方法存在的问题

从实践上来看,无论在国内还是在海外,对于 CMMS 的研究都没有达到预期目标。在国外,美军的 CMMS 项目于 2000 年中止,并转向了使命空间功能模型(functional model of mission space)研究,FDMS 的研究也于 2002 年中止,后来启动的类似研究计划如知识集成资源中心(knowledge integration resource center)虽然仍然可以看到 CMMS 的影子,但距离最初的目标已经相去甚远<sup>[5]</sup>。在国内,跟踪性的研究较多,示例性的模型多,但是距离实用要求还有一段距离。

这种情况是由传统的系统开发弊端造成的。在传统的系统开发中,往往为了分析和实现的方便,通常过早地从设计和实现的视角对问题领域进行了建模。这种情况在早期基于知识系统(KBS)的开发<sup>[6]</sup>中屡见不鲜,在这些开发活动中,知识获取阶段获取的知识其形式和组织都是以应用需求为基础的。这种以应用为导向的知识活动有两个特征,一是数据绑定在特定任务解决过程中,并服务于特定应用需求,很难为其它开发活动重用;二是领域问题的描述服务于实现需求,一种实现方法学建立的概念模型很难应用到其它方法学中。这类开发活动的实质是在开发早期就对真实世界进行了面向应用的简化处理,所得到的概念模型是对真实世界基于应用视角“过滤”的结果,可以说是真实世界的同态模,而不是其同构模。因此在其它应用需要的时候,重用性往往难以体现出来。

这种 CMMS 开发方式见图 1,在每个项目中,CMMS 开发都是从用例(UseCase)开始,通过一系列的活动或者任务分解,结束于类、对象的描述。这种开发方法类似于用一种“应用过滤器”对真实世界进行了过滤,留下的是符合应用的特定知识切片。

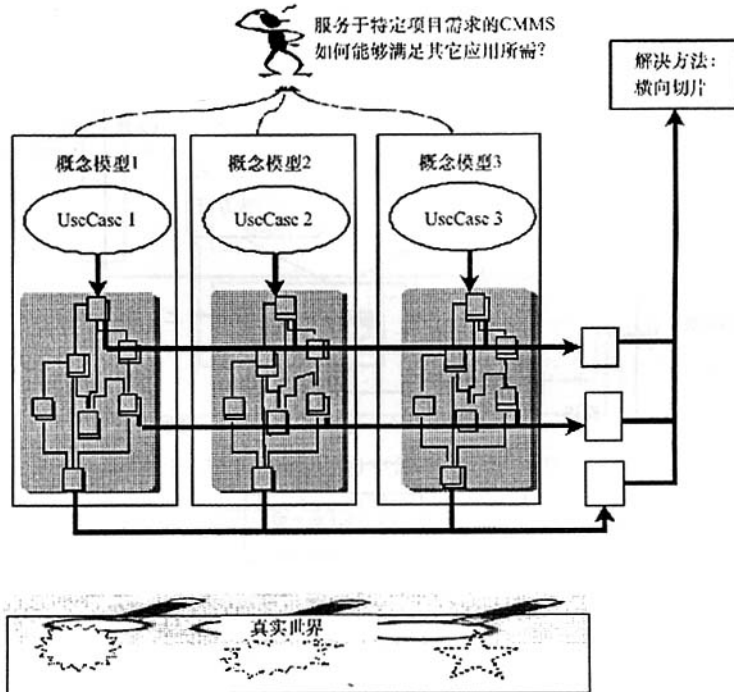


图 1 传统 CMMS 开发方法的困惑

Fig.1 Problem of traditional CMMS development methodology

这种方式获取的知识通常具有不完整性和应用相关性,并且由于领域的复杂性,以及其它应用需求的不明确性,这种知识获取方式即使试图考虑到重用性,也很难找到合适的方法建立可以重用的模型。

### 3 基于本体的任务空间概念模型开发方法

基于知识系统研究的新进展为上述问题的解决提供了启发。在图1中,可以采用“横向切片”的方式去认识领域,把领域能够重用的知识以本体的形式进行描述,而那些不便于重用的任务特定知识,则在具体的系统开发时进行描述。这种分析方法把CMMS开发分成任务无关的领域本体开发和应用相关的任务知识开发。在领域本体开发中,采用面向问题域分析的方法对领域的知识结构进行分析,避免过早地以建模的观点对领域知识进行过滤。在应用相关的任务知识开发中,可以采用任务分解的方式将目标分解成一个个子任务,通过控制关系描述子任务之间的逻辑顺序,底层任务描述了领域知识处理方式,从而将领域知识和任务知识有机结合起来。

#### 3.1 基于本体的知识开发简介

基于本体的知识系统开发是知识系统领域研究的新进展,其核心思想就是把知识分成任务无关的知识和特定任务相关的知识,从而达到重用的目的。

基于本体的知识开发过程包括领域知识开发、应用本体构建、系统知识获取三个步骤。

领域知识开发包括领域的本体知识和问题解决方法。领域本体知识是可重用的领域静态概念结构,而任务解决方法则描述了领域专家利用领域本体知识解决问题的过程和方法。问题解决方法包括控制过程和推理方法,推理方法描述了原子推理步骤的知识处理,而控制过程描述了原子推理步骤之间的逻辑控制关系,领域本体知识则为原子推理步骤提供了原始数据。

应用本体是领域知识中与特定应用相关的知识,在上下文分析后,把领域本体中与应用相关的知识提取出来,构建应用本体,作为系统开发的基础,可以为知识获取活动提供更明确的支持。

知识获取活动在应用本体提供的知识基础上,根据应用背景把这些知识进行组织和实例化,并加以验证,从而形成知识系统的知识基。图2是基于知识的系统开发的一般过程。

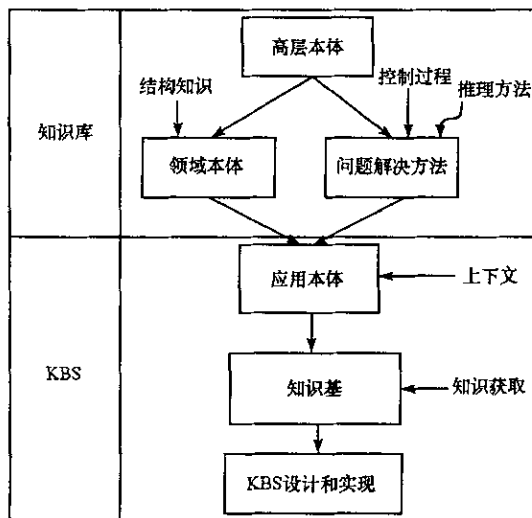


图2 基于本体的知识系统开发

Fig.2 Ontology based knowledge system development

#### 3.2 基于本体的任务空间概念模型开发方法

和一般的知识系统开发相比,任务空间概念建模有其鲜明的特征。军事活动是人与人之间的博弈过程,存在着一个互动效应,并且影响军事决策和行动的要素众多,包括组织使命、兵力结构、实力、学说等军事环境以及地形、天气等地理环境。这些要素对军事活动的影响通过指挥人员的决策和作战部队的行动体现出来,受各要素合力的影响,不存在简单的因果关系。因此军事领域是非常复杂的,任务空间概念模型的开发必须有军事专家的参与,需要军事专家和知识工程师之间密切配合,是一个复杂的过程。

然而,军事专家和知识工程师之间往往由于背景不同而造成沟通困难。军事专家缺乏系统开发知识难以明白其需求,而且因为思维习惯的原因难以清晰地表达,而知识工程师也会由于军事知识的匮乏造成对军事知识错误理解的可能性,并且难以说明自己需要的军事知识。

传统办法是通过军事专家和知识工程师面对面的交流,历经反复逐步把军事知识细化、明晰化。这种方式的优点是友好直接,然而缺点也是非常明显的,在大规模的系统开发中,把军事专家和知识工程师集中在一起是比较困难的,并且其成本也相对较高。

在基于本体的概念模型开发方法中,把知识获取过程分成结构化和形式化两个阶段进行,分别采用军事语言和形式化语言进行描述。通过任务空间本体在军事语言表达和形式化语言表示之间建立明确对应的关系,分别为两个步骤提供支持,并建立起一个反馈的良性回路。

在知识结构化描述阶段,以军事人员为主进行知识的填写,知识工程师提供技术辅助。考虑军事人员的特点,把形式化的知识结构按照其关联特征以图元或者表格的形式表达,并提供军事语言的解释和描述示例。在知识形式化阶段,以知识工程师为主,把结构化的描述按照对应关系进行形式化表示,军事人员提供军事知识辅助,在形式化过程中如果发现结构化知识的缺失或者错误又可以及时反馈修正。两个过程相对独立,但又密切联系,但都无须另外一方的全程参与。这种基于任务空间概念建模特征扩展的开发方法见图3。

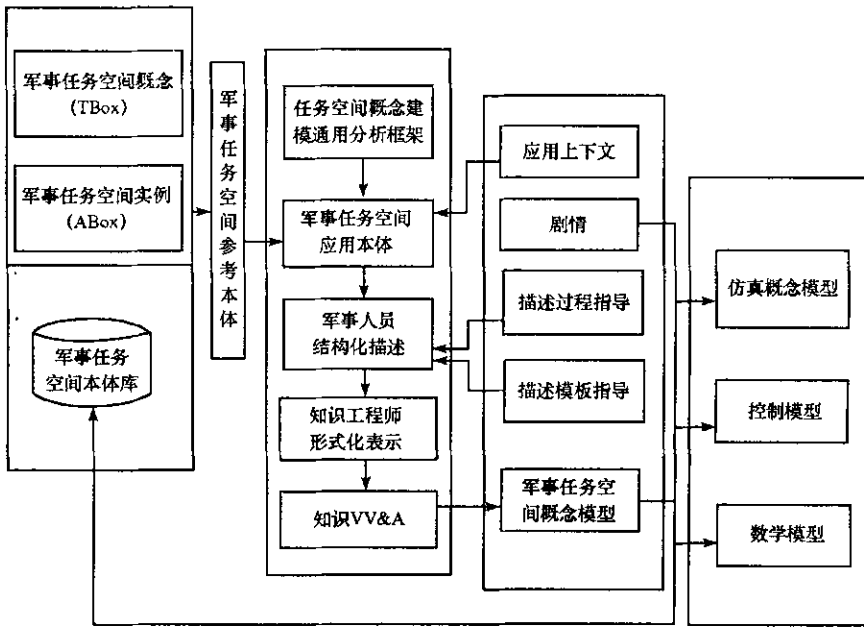


图3 基于本体的任务空间概念模型开发方法

Fig.3 Ontology based CMMS development method

### 3.3 两阶段开发方法过程以及实施

从图3可以看出,对于两阶段概念模型开发方法,有以下几个主要步骤(1)确定上下文(2)构造应用本体(3)结构化描述(4)形式化表示(5)模型VV&A。

下面主要对结构化描述和形式化表示两个核心步骤分析其实现方法。

#### 3.3.1 知识结构化描述

结构化描述的对象是真实世界作战活动,要把作战活动相关的敌我双方作战单位、武器装备、任务、交互、环境等要素视为一个大系统,则属于一类典型的复杂系统。这类复杂系统的建模往往采用多视图建模方法,同时借鉴统一建模语言UML,分别从结构视图、控制视图和信息视图三个视图来描述军事任务空间。

结构视图反应了军事活动中静态的概念和关系,在结构视图中,物理实体以及实体之间的关系和约

束描述了系统的静态结构。控制视图反映了军事活动的计划或者执行过程,我们通过使命—行动—任务分析以行动分解的方式描述军事任务空间控制视图。控制视图通过对行动的描述以及行动之间控制关系的描述得到实现。信息视图描述的是军事活动过程中数据处理过程,数据通过行动过程的输入和输出关联起来,通过底层行动也就是动作得到处理。

在任务空间概念模型多视图结构化描述中,可以采用自顶向下的描述顺序也可以采用自底向上的描述顺序。

自底向上的描述方法是一种类似于面向对象的描述方法,首先根据上下文从应用本体中抽取物理实体概念并实例化,描述这些概念和实例的关系并形成结构。然后,确定最底层组织概念的能力以及可执行的原子任务,并根据最底层组织的原子任务按照时间维或空间维向上聚合,直到最高层组织的任务和活动。

自顶向下的描述方法是从最高层组织的使命开始,逐步向下分解直到最底层的任务和实体的一种描述方法。自顶向下的描述方法实质是面向过程的方法。在自顶向下方法中,首先确定整个作战活动的使命,并根据使命分析的结果分解成高层组织的任务以及相关的行动过程。然后按照时间维或空间维划分成行动阶段或者子组织的任务,并依此类推向下分解,一直分解到原子组织和原子任务为止。在分解完毕后可以按照行动组织关系以及行动分解关系确定所有的物理实体并确定其关系,形成静态结构。自顶向下描述过程见图4。

根据任务空间概念模型建模实践经验发现,自顶向下的结构化描述方法是比较符合军事人员认识事物习惯的一种方法,有利于把复杂的军事活动描述清楚。一个可能的原因就是军事人员在分析作战任务制订作战计划的时候,总是从最高层开始,按照作战进程或者部队组成关系进行逐步划分的。

无论采用哪种描述顺序,应用本体为概念模型结构化描述提供了必要的类、实例等知识,在此基础上可以根据需要进行扩充和修正,从而实现了知识的有效重用。

### 3.3.2 知识形式化表示

在结构化建模中,模型元素的描述都是采用军事语言的形式进行的,而不是严格的形式化语言,通过对结构化描述的内容进行形式化表示,可以为概念模型验证和应用打下坚实的基础。

军事任务空间概念模型形式化表示存在几个任务,首先要把结构化描述的概念模型元素向形式化表示转换,此外需要对新增加的概念进行形式化定义后加入到 TBox 中,把模型元素实例化后加入到 ABox 中。然后,通过更新后的本体库对概念模型进行本体标注。

对于概念模型中建立的元素来说,可以区分为几种情况,一种是在应用本体的基础上直接生成的,这种情况下模型元素的形式化只需要对模型进行本体标注即可。

如果不是由本体库中的概念或者实例直接生成的,而是由其进行了扩充或者约束生成的,那么首先需要定义新的属性项,然后再进行形式化,并且需要把形式化的结果加入到本体库中,再采用更新后的本体库对模型进行标注。

### 3.4 基于本体的任务空间概念模型开发方法中的回路

图3中,有一个值得注意的回路,这个回路就是从任务空间概念模型到任务空间本体库的回路。一

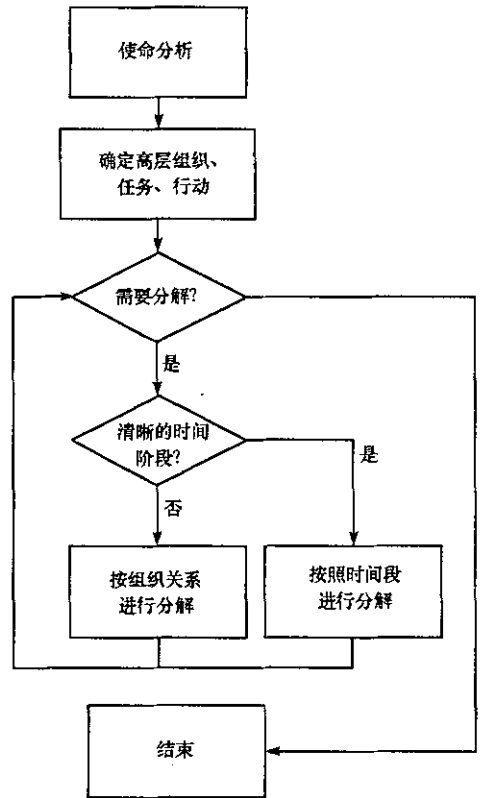


图4 任务空间概念模型自顶向下描述过程图

Fig.4 Process of CMMS top-down description

方面,任务空间本体库为特定应用的任务空间概念建模提供了一个开发的起点,包括相关的概念和关系,同时也为任务空间概念模型的开发提供了语义层次的验证机制。另一方面,任务空间概念模型包括了对任务空间本体库中概念和关系的实例化,这些实例化的概念和关系可以作为任务空间 Abox 的一个部分加入到本体库中;并且任务空间概念模型还承担着本体库更新的任务,在一些应用中,可能会遇到本体库中尚且没有的概念如新式武器的使用,通过概念建模,可以发现需要进化的知识从而对任务空间本体库进行更新。这样,通过任务空间本体和概念模型之间的双向回路,形成一个良性的成长机制,促进了军事领域知识开发活动。

这个回路也说明了基于本体的任务空间概念模型开发和一般的任务空间概念模型开发的不同。本体为概念模型开发提供了一个很高的起点,并促进开发成果的重用。同时本体还通过语义知识的形式化清晰定义为概念模型知识验证提供了良好的基础,从而使概念模型的质量能够进行自动验证而得到有效控制。

### 3.5 应用分析

我们开发了支持军事任务空间概念模型开发的“兵书”系列工具集。其中“兵书三号”工具的方法基础就是基于本体的两阶段任务空间概念模型开发方法。“兵书三号”工具包括本体开发模块、概念模型结构化描述模块和形式化表示模块三个部分,在进行结构化描述的时候,提供了基于概念语义距离的对应本体概念检索和模型元素描述模板自动生成功能,在进行形式化描述的时候,提供了对应概念结构化描述和应用本体概念定义提示功能。

由于方法能够有效地实现知识的重用,并提供不同表示形式之间对应知识的关联,“兵书三号”工具在初步试用中得到了良好的反应。通过试用,我们也发现了一些问题,这些问题除了工具实现技术问题外,有一点值得注意的是,对形式化表示的意义和应用研究不够,包括模型的验证算法等,在本体的形式化表示基础上对概念模型进行验证,提高其可信度,将是一个重点研究方向。

## 4 结论与展望

文中对任务空间概念模型进行了简介,分析了目前任务空间概念模型开发中存在的问题,并针对性地提出了基于本体的两阶段任务空间概念模型开发方法。基于本体的任务空间概念模型两阶段开发方法能够有效地实现其最初的目标,促进任务空间概念模型开发活动的开展,具有重要的研究和应用价值。

后续工作包括工具的进一步完善,任务空间本体的开发方法以及建设实践,以及在此基础上进行模型验证方法的研究。

## 参考文献:

- [1] DoD Directive 5000.59. Modeling and Simulation (M&S) Master Plan [R]. October 1995 34-40.
- [2] 马亚平. 作战行动模型描述对象与建模方法[J]. 军事运筹与系统工程, 2002, 3.
- [3] 黄健, 黄柯棣, 邱晓刚. 任务空间概念模型研究[J]. 系统仿真学报, 2000, 6.
- [4] 曹裕华, 江敬灼, 蔡游飞. 军事概念模型及其建模方法[J]. 军事运筹与系统工程, 2003, 4.
- [5] Mårten L, Marianela G L, Vahid M. CMMS under the Agnifying Glass—An Approach to Deal with Substantive Interoperability [A]. Proceedings of the Fall 2004 Simulation Interoperability Workshop [C] 2004.
- [6] Heijst G V, Schreiber A T, Wielinga B J. Using Explicit Ontologies in KBS Development [J]. International Journal of Human-computer Studies / Knowledge Acquisition, Special Issue on Using Explicit Ontologies, 1996.



