

中图分类号: TP 391 文献标识码: A

炮兵军事概念模型语义描述方法研究

胡丰华, 赵鑫业, 邱晓刚

(国防科技大学 机电工程与自动化学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 炮兵军事概念模型是对炮兵领域知识的第一次抽象,它具有极其丰富的语义。描述炮兵军事概念模型时引入语义网技术,按知识工程的过程与步骤,逐步描述相关炮兵概念模型的语义,并在 Protégé 工具的支持下以本体的形式表示概念模型及其相关知识。然后用推理器对具有语义的概念模型进行语义的一致性检验、约束冲突检查并报告检查结果,通过检查维护语义的一致性。该方法能够全面、严格、简便地表示与管理、维护炮兵军事概念模型。

关键词: 军事概念模型; 本体论; 知识工程; Protégé

Describing Methodology of Artillery Military Conceptual Model's Semantic

HU Fenghua, ZHAO Xinye, QIU Xiaogang

(College of Mechatronics and Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Artillery Military conceptual model is the first abstraction of military domain knowledge. It has colorful semantic. Using existing semantic web technologies and tools, conforming to the process and steps of knowledge engineering, we build up artillery military conceptual model and add correlative restriction step by step. Then we use Protégé to represent conceptual model and correlative knowledge as ontology. In the end, we use RACER(Renamed ABox and Concept Expression Reasoner) to test the consistency and constraint violation of conceptual models, which have semantic. By the reports of reasoning, we test and maintain the correctness of the concepts' semantic. This method can represent, manage and maintain the military conceptual models thoroughly, strictly and simply.

Key words: military conceptual model; ontology; knowledge engineering; Protégé

1 引 言

军事概念建模是作战仿真必不可少的重要环节,是为了支持建模仿真资源的重用、仿真系统互操作和 VV&A(校核、验证与确认),在技术人员和开发工具的支持下,由军事人员提取的独立于应用实现的真实作战世界的结构、功能、行

为过程、信息交换以及相关数据和算法的过程^[1]。炮兵领域具有相当丰富的知识,也涉及到人的思维活动,每个概念都有极其丰富的语义,其概念模型的建立以及赋予概念相应的语义是炮兵领域作战仿真建模的重点与难点。具有语义的概念模型不仅便于对领域概念的一致理解,而且能够提高概念模型及基于此的仿真系统在语义层次的互操作性,即达到 LCIM(概念互操作

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2008AA1212021); 国家自然科学基金资助项目(91024030)

层次模型) 模型的第3层: 使用公共信息交换参考模型, 数据的意义被共享, 信息交换的内容无歧义地定义^[2]。炮兵军事概念模型的语义描述是在其形式化描述及对模型所需要的信息进行规范表示的基础之上, 通过选用一定语义描述语言与工具, 将模型内容转换为规范的图形化语言的表达方式, 更利于理解、交流、语义识别以及下一步的仿真软件分析设计。

本文根据军事概念模型描述语言的特点, 选择以 OWL 语言对炮兵军事概念模型的形式化描述为基础, 利用语义网技术与工具, 按照知识工程的方法与步骤, 赋予炮兵军事概念模型丰富的语义并对模型进行一致性检测。

2 军事概念模型描述方法介绍

目前用于军事概念模型描述的技术/方法有 IDEF0, UML, Petri 网等方法。IDEF0 方法是由美国空军于 1981 年提出并在国际上得到推广应用的一种方法, 它侧重从军事角度描述军事系统的功能结构和信息流, 较直观地反映了军事人员对作战任务过程的理解和完成作战任务的基本需求, 能够达到军事和技术人员交流的目的。IDEF0 对作战需求分析阶段的研究有较大的优越性, 适合于系统的功能定义及分解和描述活动间的先后顺序关系, 但 IDEF0 建模方法只侧重于系统的功能定义及功能分解和活动间的先后顺序关系, 对系统的动态特性如同步性、并发性以及活动间的冲突等无法表达, 同时 IDEF0 方法缺乏形式基础, 不具备可操作性, 故其被称为文档模型或纸面模型, 因此其模型的语义相当有限, 且不利于系统自动识别。统一建模语言 UML^[3] 是一种直观化、明确化、构建和文档化软件系统产品的通用可视化建模语言, 它捕捉了被构建系统的有关决策和理解, 用来理解、设计、浏览、配置、维护以及控制系统的信息, 作为 UML 在系统工程应用领域的延续和扩展的 SysML, 和其他系统工程建模语言相比, 它是一种通用的、功能强大的标准建模语言, 它消除了不同方法在表达法和术

语上的差异, 避免了符号表示和理解上不必要的混乱。但其图形元素描述模型的语义能力有限, 在语义描述上显得能力不足。Petri 网是德国的 Carl Adam Petri 博士在 1962 年提出的一种用于描述事件和条件关系的网络, 是一种面向图形的语言, 用来设计、说明、模拟系统, 已经实践验证是非常有利于分析和建立分布、并行、随机模型的有效方法和工具, 在较多的领域已经有广泛的应用, 改进的着色 Petri 网 (CPN) 具有更加强大的功能, 但是, Petri 网较难描述系统的组成结构等系统特征, 不能进行数据处理, 没有层次化的设计思想、无法描述系统内的时序关系等。所有这些方法所使用的模型描述语言都不是语义网所采用的标准语言, 因此, 其模型不适合于在语义网环境下计算机的相互理解。

在军事概念模型的表示中引入计算机可理解的语义, 用本体语言进行模型表示, 建立起计算机可处理的、协作的通信媒介, 可以提高模型的互操作性和重用性, 也为模型的可组合性打下了良好的基础。基于本体的军事概念模型也是实现作战指挥信息系统、仿真系统、无人作战系统以及指战员间对于作战领域一致理解的有效手段。美国空军研究实验室在其指挥控制工程项目中应用语义网技术及其工具建立了空军指挥控制知识库, 并应用该知识库实现了空军作战命令自动生成, 目前正在向知识库中增加基于效能作战 (Effects-Based Operations, EBO) 方面的本体, 同时也在开发作战网分析 (Operational Net Analysis, ONA) 本体, 使计算机能够分析战场态势获得作战重心, 进行辅助决策, 在其以后的发展中, 计划将本体编辑工具 Protégé 和推理工具 RACER 应用于更大规模的军事领域。

我们将语义网技术及其工具引入炮兵作战仿真领域, 用来描述炮兵军事概念模型的语义, 旨在建立语义丰富的军事概念模型, 为后续的系统开发打下良好的基础, 而不是像美国空军研究实验室那样旨在建立和运用作战指挥知识库。本文首先介绍语义网技术及其相关工具, 分析其在描述军事概念模型时的方法步骤, 然后用它们

以炮兵指挥实体为例建立相应的本体与知识库,在描述炮兵指挥实体军事概念模型时,分别建立了炮兵火炮本体、炮兵射击目标本体、炮兵弹药本体,通过这些本体赋予了模型丰富的语义,然后通过语义网的协作功能将这些本体导入组成炮兵指挥实体本体,在本文中炮兵指挥实体本体仅描述了其进行射击任务分配的相关规则,在本文的最后应用推理工具检验了军事概念模型的语义。

3 语义网技术及工具

语义网是一种能理解人类语言的智能网络,也可以简单地看成是对因特网的扩展与延伸。语义网的第一步是实现数据的计算机可读,接下来通过特定的语言描述和关系判定使数据更加便于计算机进行处理和查找,实现机器可读,到机器可理解的跨越。为了实现这一目的,在建立语义网时要用到分类法、本体论、知识库和知识工程等技术,在语义网的研究过程中,也相应地出现了较多的本体编辑工具和推理器,其中最具有代表性的本体编辑工具和推理器分别是 Protégé 和 Racer。

3.1 分类法

基于语义网技术建模的第一步是要用计算机可读的形式对相关领域的概念进行表示分类。分类法(Taxonomy)是基于树结构对特定领域的分类,也是对领域的最初的认识分类。它基于类和子类而构成树结构,这种条例清楚分类是人们认识事物的基础。但是分类并不能完全表示知识,知识具有较于树结构更为复杂的网格结构。

3.2 本体论

本体(Ontology)被认为是哲学的本源,被哲学家用来描述事物的本质,是“对世界上客观存在物的系统描述”。其内涵可以追溯到古希腊哲学家亚里士多德(384—322BC)的本体解释。Ontology 是物质存在的系统解释,它不依赖于任何特定的语言,也即与语言无关。将 Ontology 引入信息科学领域正是利用这一特点,旨在克服信

息系统之间的“语义鸿沟”^[4]。Ontology 是一门重要的新兴学科,现已成为知识工程、自然语言处理、信息系统、智能系统集成和知识管理等多个领域的热门研究方向^[5]。它为人们及广泛异构的应用系统提供共同的领域知识理解,并为语义网中基于语义的知识获取、互用和交流提供高质量的保证。本体扩展了分类并且比分类语义更为丰富,提供人与计算机之间交流的领域共享、共同的理解以便于知识共享与重用。本体提供形式的、明确的概念化来描述事物,它是领域中共享的概念模型的形式化和显式的说明规范^[6]。本体一般作为领域(可以是特定领域,也可以是更广的范围)内部不同主体(人、机器、软件系统等)之间进行交流(对话、互操作、共享等)的一种语义基础,即由本体提供一种明确定义的共识,构成网络环境下实现语义共享的理论基础,本体包含了丰富的语义信息。本体的形式化定义为: $O = \{C, R, H^C, r, A^O\}$,其中: C 表示概念或词汇集合; R 表示概念之间的关系集合,且满足 $C1 \cap R = \varnothing$; H^C 表示概念层次或分类,满足 $H^C \subseteq C \times C$,例如 $H^C(C1, C2)$ 表示 $C1$ 是 $C2$ 的子概念; r 表示一个函数,定义了概念之间的非分类学关系,即 $r: R \rightarrow C \times C$; A^O 表示本体中采用形式逻辑语言描述的本体定律。

3.3 知识库

本体描述系统静态领域知识信息的语义,当本体注入特定信息的动态实例(事件)时,它就成为了知识库。知识库能够用来推理建立新的事实,知识库也可以看作是用知识表示语言所写的关于领域的一些断言语句集,与数据库相似,知识库也必须拥有通过更新和推理加入新信息的能力,同样也必须具有查询知识库的能力,知识库与数据库共享一些概念,例如复杂关系,但不同之处是它加入了机器可读的语义和推理。知识库和传统数据库的区别在于它不但包含了大量的简单事实,而且包含了规则和过程性知识。

知识库的概念是将传统的数据库(DB)技术和人工智能(AI)技术相结合的产物^[7]。AI和DB技术都是计算机科学两个十分重要的领域,

它们在各自的领域取得了突出的成绩并得到广泛的应用。然而,它们都存在十分突出的问题和矛盾。一方面,现有的AI系统(如专家系统)可以使用成百上千条基于规则的知识去进行启发式搜索与推理,但没有高效检索、访问现存数据库和管理海量数据的能力;另一方面,现在的DBMS(数据库管理系统)虽已可以处理海量数据和事务,但无力表达和处理基于规则的知识。

3.4 知识工程

知识工程是在20世纪70年代后期,从构建专家系统、基于知识的系统和知识密集型信息系统的技术发展而来的。关于知识工程和知识管理已经有一套相关的方法论,应用比较广泛的就是CommonKADS方法^[8],该方法认为:知识不是“从专家的头脑中挖掘”的某种东西,而是由构造人类知识不同方面的模型组成;在知识建模中,首先要集中考虑知识的概念结构,而把编程细节留在以后考虑;知识有稳定的内部结构,由可区别的特定的知识类型和角色进行分析;知识项目必须根据从经验中所学的、以可控的“螺旋”方式来管理。Russell在此原理上讨论了建立知识库的知识工程过程细节^[9]:①确定任务;②收集相关知识(知识获取);③确定谓词、函数和常数的词汇;④编码领域一般知识;⑤编码特定问题实例的描述;⑥调试知识库。

3.5 本体编辑工具 Protégé

Protégé是由斯坦福大学开发的本体和知识库编辑工具,允许定义类、类层次结构、变量、变量值约束、类间的关系和这些关系的属性。Protégé以可视化形式处理本体,通过其友好的界面输入本体概念、描述概念间关系及约束、描述概念的变量及值约束、生成类的实体,也可以根据所描述的本体生成相应的Java类及代码或转换成RDF/XML形式的本体描述文档,还可以在Protégé界面上应用其他工具包进行推理查询相关知识。Protégé基于OWL语言描述本体,其语义结构可描述为:OWL解释 $I::=\{R, EC, ER, L, S, LV\}$ 其中: R 是资源的非空集合,是 I 的论域; LV 是 I 的文字值,是 R 的子集; EC 是词汇表到 LV

的映射; ER 是词汇表到 LV 或 R 的幂集映射; L 是词汇表中文字集到 LV 的映射; S 是所有词汇表的并集到 R 的映射。

3.6 推理器 RACER

RACER(重命名断言集与概念表示推理)直接与Protégé工具相关联,它是一个语义网推理引擎,可以用来推理、查询,并且支持公布和订购知识库的功能。Protégé以描述逻辑作为描述知识的形式化工具和语义推理基础。描述逻辑上的推理基于领域知识库(Knowledge Base, KB), KB通常包含TBox(Terminology Box)和ABox(Assertion Box),即 $KB(T, A) = \langle TBox, ABox \rangle$ 。TBox是描述概念、概念间的关系和关系间关系的公理集合。ABox为断言集合,包括概念断言和关系断言。本体的推理问题可分为基于概念和基于个体的推理两大类,分别对应TBox和ABox^[10]。TBox上的推理工作主要是检测概念的可满足性和包容性, ABox主要是检测个体的一致性。当运行RACER后, Protégé就可以对所建立的本体主要进行三个方面的推理,一是检查本体的一致性;二是类关系推理并根据概念间的约束关系得出推理后的类层次关系;三是计算推断的类型,将实体归入相应的类。

4 构建具有语义的炮兵指挥实体任务分配概念模型

应用以上语义网技术及其工具描述军事概念模型的语义,就是以本体描述语言OWL为基础,依据知识工程的方法步骤,通过本体编辑工具Protégé逐步构建军事知识的过程。首先根据构建军事概念模型的任务需要,收集相关知识,建立领域概念的分类结构,然后用本体编辑工具Protégé将分类以OWL语言进行描述,形成领域一般本体,再在此基础上加入相关约束和特定问题实体描述,丰富其语义,得到领域知识库,最后用RACER推理器在知识库中进行推理检查,调试维护模型。

本节围绕构建炮兵指挥实体进行炮兵射击

任务分配活动的概念模型的建模活动,用语义网技术来描述该军事概念模型的语义。

炮兵指挥实体进行射击任务分配活动是在作战时,炮兵指挥员及其指挥机关根据战场态势,选择合理的炮兵火力打击单元打击相应的目标的指挥决策活动,其决策方案一般应用在炮兵行动计划、炮兵火力计划和指挥员的炮兵射击口令中,有利于充分发挥炮兵火力打击单元的最大作战效能。

4.1 明确任务

任务是描述炮兵指挥实体射击任务分配概念模型及其语义,并建立其知识库。在此模型中首要执行的推理是检查在相应本体约束下的概念语义的一致性,如检查火炮单元与所配备的弹药的语义一致性。其次是在炮兵射击任务分配决策活动中,根据模型的语义约束进行射击任务分配,如火箭炮只能发射火箭弹,照明弹只能由122榴弹炮发射,末制导炮弹只能由152加榴炮发射等。在推理应用中还考虑目标性质与特征,结合任务分配规则约束分配射击任务到射击单位。

4.2 收集相关知识(知识获取)

根据出版的《军语》、《炮兵作战条令》等权威文献以及与炮兵领域相关人员交流进行知识获取,使用UML(统一建模语言)抽取领域知识并且进行本体建模,从文献中可以抽取大部分的分类和本体用来建立类的分类和数据关系,在一般的文献中不包括类的属性关系,它暗含在军事人员的头脑中,根据自己在炮兵领域工作的经验及与有关人员查证核实,对其关系进行了较为全面的抽取。

4.3 确定谓词、函数和常数词汇

OWL成为W3C推荐并为语义网所接受的标准语言,本文使用OWL作为词汇标记语言来描述军事概念模型的语义,通过Protégé编辑的图形知识库中自动产生OWL代码。

4.4 编码领域一般概念

使用Protégé插件编码本体和知识库,Protégé有一个直观的基于层次的拖放可扩展的界面用

来建立类,它也允许定义数据属性和对象属性,即通常所说的关系。

图1所示的是炮兵常用的对地理位置描述的UML类图,顶层是类名“地理位置”,中间部分是类的属性(变量),数据变量“地图名称”、“地图编号”被约束为字符串型变量,“横坐标”、“纵坐标”和“高程”被约束为整数型(考虑到炮兵作战对地理位置的精度要求),类底下的方框是类的方法或函数,由于本体仅关注于关系,在此不考虑其在面向对象设计中的方法或函数。

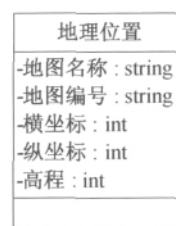


图1 地理位置 UML 类图

Fig.1 UML class of geographic position

在炮兵中主要的火炮分类,如图2所示。首先把火炮分为火箭炮、线膛炮、牵引火炮和自行火炮,线膛炮类进一步分为榴弹炮和加农炮,自行火炮类进一步分为轮式自行火炮和履带式自行火炮。当加入加农榴弹炮作为加农炮和榴弹炮两个类的子类以及加入其他相似类关系后,分类就已经成为了本体,这被认为是不遵循分类树结构的多重继承,打破了分类的结构,使之成为了本体,图中箭头是“is-a”关系。

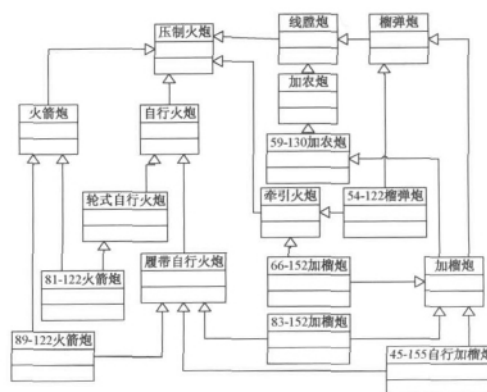


图2 UML 火炮本体

Fig.2 Cannon ontology for UML

图3用Protégé编辑的炮兵本体,底下两层类都继承了两个以上的父类,符合炮兵领域人员的

思维习惯,也符合Protégé的要求,在Protégé中不允许类重载父类的约束。

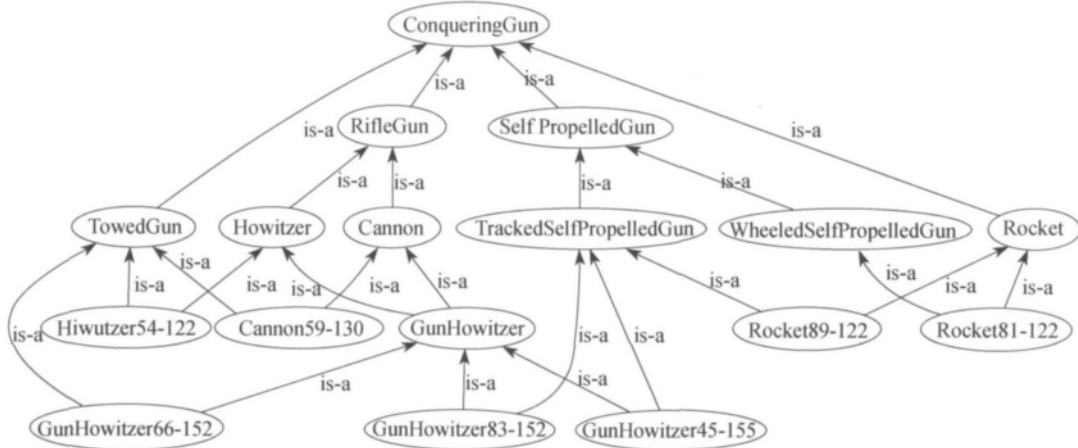


图3 Protégé描述的火炮本体

Fig.3 Cannon ontology for Protégé

炮兵指挥实体任务分配概念模型中,火力任务类由压制炮兵和射击目标组成,并且拥有射击任务类型类,该本体中使用了压制炮兵和弹药以及射击目标等导入本体。

4.5 编码特定问题实例的描述

加入本研究任务中的类的实例,用RACER进行推理检验。图4所示为知识库中一个特定的类实例GunHowitzer66-152。它同时也显示推理器得出的一个约束冲突:红色所示的GunHowitzer66-152火炮与Rocket类及其子类Rocket81-122和Rocket89-122火炮之间的不一致性,主要原因是将火箭弹分配给了类GunHowitzer66-152使用,而火箭弹约束为仅能被火箭炮使用。通过推理成功检测出了概念语义的不一致性。该实例中对火箭炮的描述文档如下:

```
< rdf: Description rdf: about = " &gun;
Rocket" >
< owl: equivalentClass >
< owl: Class >
< owl: intersectionOf
rdf: parseType = " Collection" >
< owl: Restriction >
< owl: onProperty rdf: resource = " #
hasAmmunition" / >
```

```
< owl: allValuesFrom rdf: resource = "
&amm; RocketShell" / >
< /owl: Restriction >
< owl: Restriction >
< owl: onProperty rdf: resource = " #
hasAmmunition" / >
< owl: someValuesFrom df: resource = "
&amm; RocketShell" / >
< /owl: Restriction >
< /owl: intersectionOf >
< /owl: Class >
< /owl: equivalentClass >
< /rdf: Description >
```

两个<owl: Restriction>分别描述了火炮的与弹药的约束关系:能使用火箭弹的火炮类;使用弹药只能是火箭弹的火炮类,两个约束类的交集就是火箭炮类,并且描述为该约束是其充分必要条件。

4.6 调试维护模型

炮兵指挥实体任务分配概念模型各导入本体相当小并且便于管理,而集成后的概念模型已经变得相当复杂和不可管理。为了避免这种情况发生,利用语义网的协作功能,将其分解为压制火炮、射击目标、区分火力和弹药本体,用Protégé从网页中导入这些分布的本体组成所需

本体,使得本体更加专业和便于理解小的知识领域,也便于管理和在其他应用中重用。

Class	
gun:GunHowitzer66-152	Inconsistent
gun:Rocket	Inconsistent
gun:Rocket81-122	Inconsistent
gun:Rocket89-122	Inconsistent

图4 类约束冲突检验结果

Fig.4 Detected result of consistence

5 推理应用检验模型

在本应用中,设计三个目标,分别为大面积目标 Target_1、点目标 Target_2 和照明射击任务 Target_3,都对目标性质等约束条件进行描述并用工具进行编码。实际进行射击指挥决策时,根据军事规则一般会选择火箭炮使用火箭弹对 Target_1 射击,选择 152 加榴炮使用末制导炮弹对

Target_2 射击,选择 122 榴弹炮使用照明弹完成射击任务 Target_3。有两种推理检验途径,一是根据描述由推理器根据概念语义自动匹配火炮和目标任务及弹种,另一种途径是首先人工分配目标、火炮和弹种,然后通过推理器检验其语义一致性,得出不一致性提示或警告。如图 5 所示,图 a 为分配前的射击任务和射击目标分类,图 b 为射击任务分配结果,图 c 为推理结果显示窗口信息。

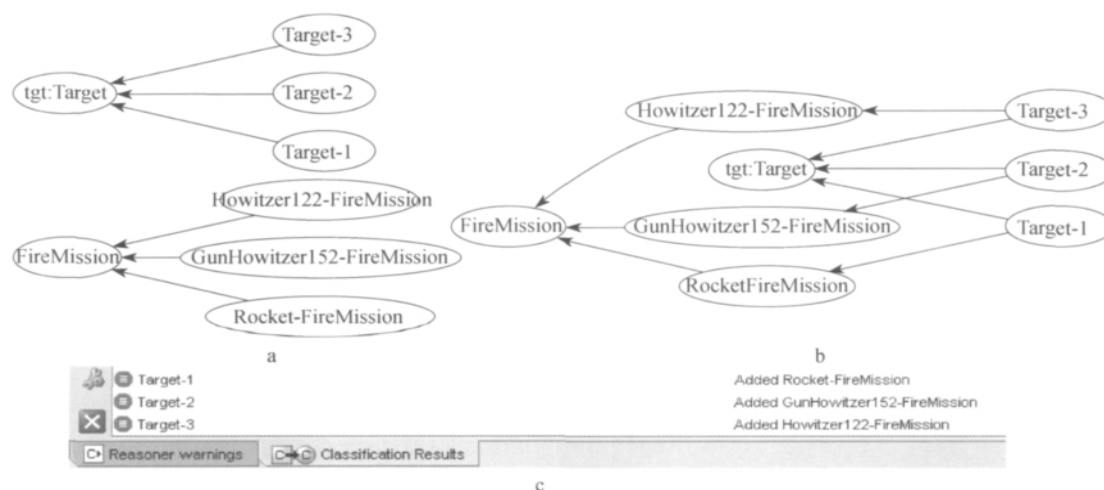


图5 目标分配推理结果

Fig.5 Reasoning result of targets assignment

6 总结与展望

以炮兵指挥实体进行射击任务分配活动为应用背景,运用语义网工具对炮兵指挥实体射击任务分配概念模型语义进行了描述,开发了炮兵射击指挥决策中任务分配的本体和知识库,用来

完成炮兵射击任务分配等相当高端的指挥控制领域的决策推理,较好地表示了炮兵作战指挥相关的知识与规则。在利用语义网技术工具进行军事概念模型语义描述时关键是要设计一个好的本体,然后用 Protégé 进行描述,编写推理规则并确保其正确和有意义是其中一个相当复杂的工作,需要大量的人力和资源循序渐进螺旋式地

本体开发,这里只展示了炮兵指挥实体的射击任务分配概念模型的语义描述,仅炮兵领域还有大量的工作需要去完成。

经过语义网技术的不断发展,相关工具的不断完善,当其发展为真正拥有能实现协作、计算机可读的语义网时,利用其描述的军事概念模型的语义可促进计算机在指挥控制等高端高智能领域的应用,同时提高基于此模型的仿真系统、指挥系统等信息系统的可组合性和互操作性。

参考文献:

- [1] 吴永波,何晓晔,谭东风,等. 军事概念模型研究综述[J]. 系统仿真学报 2005, 10(12): 3076-3080.
WU Yongbo, HE Xiaoye, TAN Dongfeng, et al. Overview of research on military conceptual model [J]. Journal of System Simulation 2005, 10(12): 3076-3080.
- [2] Tolk, Andreas, Muguira, et al. The levels of conceptual interoperability model [C] // 2003 Fall Simulation Interoperability Workshop Orlando, Florida [s. n.] 2003.
- [3] Martin Fowler, Kendall Scott. UML distilled. A brief guide to the standard object modeling [M]. Beijing: Tsinghua University Press 2005.
- [4] 邓志鸿,唐世渭. Ontology 研究综述[J]. 北京大学学报:自然科学版 2002, 38(5): 730-737.
DENG Zhihong, TANG Shiwei. Overview of ontology [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2002, 38(5): 730-737.
- [5] Towards G T. Principles for the design of ontologies used for knowledge sharing [J]. International Journal of Human-Computer Studies, 1995, 43(5-6): 907-928.
- [6] Neches R, Fikes Re, Gruber Tr, et al, Enabling technology for knowledge sharing [J]. AI Magazine, 1991, 12(3): 36-56.
- [7] 于鑫刚,李万龙. 基于本体的知识库模型研究[J]. 计算机工程与科学 2008, 30(6): 134-136.
YU Xinggang, LI Wanlong, A study of the knowledge base model based on ontology [J]. Computer Engineering & Science 2008, 30(6): 134-136.
- [8] (荷)施赖伯(Schreiber G.). 知识工程和知识管理[M]. 史忠植,梁永全,吴斌,等译. 北京:机械工业出版社 2003.
Schreiber G. Knowledge engineering and management: the commonKADS methodology [M]. SHI Zhongzhi, LIANG Yongquan, WU Bin, et al. Translation. Beijing: Machine Press 2003.
- [9] Stuart Russell, Peter Norvig. Artificial intelligence a modern approach [M]. Second Edition. [s. l.]: Prentice Hall Publishing 2003.
- [10] Baader F, Horrocks I, Sattler U. Description logics as ontology languages for the semantic web [M]. [s. l.]: Springer-Verlag 2005.



胡丰华 男(1974-),湖南岳阳人,博士生,主要研究方向为系统仿真、作战模拟。



赵鑫业 男(1984-),满,辽宁新宾人,博士生,主要研究方向为系统仿真。

(上接第13页)

- [5] 谭述君,钟万勰. 基于精细积分的(最优)控制系统设计程序包[J]. 计算机应用与软件 2007(24): 165-169.
TAN Shujun, ZHONG Wanxie. Optimal control system design toolbox based on precise integration method (PIM-CSD) [J]. Computer Applications and Software, 2007 (24): 165-169.



苗昊春 男(1986-),内蒙古赤峰人,博士生,主要研究方向为导弹制导控制。



马清华 男(1977-),安徽濉溪人,高级工程师,主要研究方向为导弹制导控制。