

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2020.10.001

面向复杂机械产品的可拓本体模型构建研究^{*}

王体春, 方磊磊, 童昌圣

(南京航空航天大学 机电学院, 江苏 南京 210000)

摘要:在复杂机械产品设计过程中,针对知识模型存在的语义阐述完整性和可拓展性问题,对面向智能化设计的复杂机械产品知识建模进行了研究,提出了一种改进的复杂机械产品可拓本体模型。该模型在经典本体模型的基础上,融合可拓理论,对可拓本体概念、可拓本体相关定义以及可拓本体定理进行了拓展,给出了可拓本体模型建立的相关原则,提出了复杂机械产品可拓本体模型建立的具体实施步骤;最后,以某型号直升机为应用实例,对复杂机械产品可拓本体模型建立过程进行了验证分析。研究结果表明:所提出的可拓本体模型具有较好的完备性和可拓展性,能够对复杂机械产品智能化设计的顺利实施提供支撑作用。

关键词:可拓本体;知识建模;可拓理论;复杂机械产品;直升机

中图分类号:TH128;TP301

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2020)10-1121-09

Construction of extension ontology model for complex mechanical products

WANG Ti-chun, FANG Lei-lei, TONG Chang-sheng

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Nanjing University of
Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210000, China)

Abstract: Aiming at the problems of completeness and scalability of the semantic model in the design of complex mechanical products, knowledge modeling of intelligent design of complex mechanical products was studied and analyzed, and an improved ontology model of complex mechanical products was proposed. Extension theory and classical ontology model were integrated into this model. The concept of extension ontology, the definition of extension ontology, and the extension ontology theorem were extended. The related principles of extension ontology model were given. The specific implementation steps of ontology model establishment were proposed. Finally, a certain type of helicopter was taken as an example, and the extension ontology model establishment process of complex mechanical products was verified and analyzed. The results indicate that the extension ontology model proposed has good completeness and expansibility, which can provide support for the intelligent design of complex mechanical products.

Key words: extension ontology; knowledge modeling; extension theory; complex mechanical products; helicopter

0 引言

复杂机械产品中存在着大量的知识信息,并且围绕知识进行聚类、共享、应用和创新,是典型的知识密集型工作^[1],因此,对复杂机械产品进行有效的知识表达将具有十分重要的意义。

然而已有的知识建模方法存在许多问题:语义网络表示法表达范围有限,仅仅限定在过程知识当中^[2];框架表示法对机械产品的适应性不强,可能产

生多义性^[3]。因此,传统建模方法对复杂机械产品的表示有着局限性。

本体作为一种能在语义和知识层次上描述知识系统的建模工具,可以较好地复杂机械产品进行知识表示^[4]。王力等^[5]提出了一种复杂产品设计知识本体的构建方法,并构建出了产品设计知识表示模型,提高了知识共享和重用效率;FENSEL D^[6]将本体应用于电子商务中,有效地提高了知识的使用效率;ZHAO X 等人^[7]将本体应用于非洲的旅游业当中,建立了非洲

收稿日期:2019-12-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51775272,51005114);中国国家留学基金资助项目(201906835046)

作者简介:王体春(1981-),男,安徽蒙城人,副教授,硕士生导师,主要从事知识工程、人工智能等方面的研究。E-mail:wangtichun2010@nuaa.edu.cn

旅游知识库;GUAN H 等人^[8]将领域本体应用于中医当中,建立了穴位和针灸方法的相关语义网络;CHEN Y 等^[9]将本体论进行了改进,引入了中间概念,使得新的知识模型表述更明确完整;RAO R 等人^[10]开发了公共卫生方面的医疗本体知识库,将公共卫生方面的数据集成,并且进行了推理;ADADI A^[11]将本体引入到电子政务的使用中,结合人工智能技术建立了一个电子政务平台。

复杂机械产品涉及到的领域知识较多,现有的本体建模可以应用于复杂机械产品的设计过程中,但是经典本体模型对复杂机械产品的知识表示不够完善,且拓展性较差,同时缺乏矛盾问题的解决方案,因此需要添加可拓理论,形成可拓本体。

目前,关于可拓本体方面的研究刚刚处于起步阶段。杨国为教授^[12]提出了可拓本体的初步定义及性质,同时也改进了 TRIZ 的矛盾参数和矛盾解决矩阵;陈敏^[13]在杨国为教授的基础上对可拓本体的进行了深入的研究,并且应用至智能和谐 CACD 系统中,使得系统的延展性更好,矛盾问题较少;梁小蕾^[14]将可拓本体模型应用在客户价值评估中,提高了客户价值评估的准确度;何平^[15]深入研究了可拓模型的本体进化理论,提出了一种可拓本体的知识进化模型。

然而到目前为止,可拓本体模型缺乏建立的指导原则,没有一套完备的可拓本体构建流程,对概念间可拓关系的表述不够准确,需要进一步对可拓本体进行深入的研究。

笔者将可拓理论^[16-18]与本体论相融合,从可拓本体概念、可拓本体定义、可拓本体建立公理和原则、模型实施步骤等方面,对可拓本体进行进一步的分析。

1 可拓本体相关概念及定义

定义 1:可拓本体概念集。

可拓本体概念集使用 C 进行表示,本体中的类需要使用具体的概念来描述。经典本体描述是抽象化、半结构化的,遇到矛盾问题之后无法顺利地延伸解决,而可拓本体中的概念可进行详细描述,即:

$$C = \{C_o, C_R, C_H, C_G\} \quad (1)$$

式中: C —可拓本体的类或概念集; C_o —可拓本体的本体概念集; C_R —该本体的可拓物元模型; C_H —可拓本体概念集中的可拓事元模型; C_G —可拓本体概念集中的可拓关系元模型。

使用物元、事元、关系元理论对可拓本体进行描述,可以使得本体的描述更加准确、完善,且拓展性更好。

定义 2:本体关系集。

本体关系集使用 R_o 进行表示,用来表示可拓本体中的本体关系。本体间所使用的关系主要包含 5 种,分

别为 part of、kind of、attribute of、instance of 和 relating。本体的关系集表达式为:

$$R_o = R_p \cup R_k \cup R_a \cup R_i \cup R_r \quad (2)$$

式中: R_o —本体的关系集; R_p —part of 关系集; R_k —kind of 关系集; R_a —attribute of 关系集; R_i —instance of 关系集; R_r —relating of 关系集。

本体关系集及用法如表 1 所示。

表 1 本体关系集及用法

名称	用法	实例
part of	A is part of B	旋翼桨叶是直升机的一部分
kind of	A is kind of B	铰接式旋翼是直升机旋翼中的一种
attribute of	A is attribute of B	直升机可以原地起飞
instance of	A is instance of B	歼-22 是歼敌机的实例
relating of	A is relating of B	武直-10 和武直-19 都是直升机

定义 3:可拓关系集。

可拓关系集使用 R_e 来表示。可拓关系集包含相关关系、蕴涵关系、矛盾关系、聚合关系等。此处主要考虑其共轭关系集,即可拓中的虚实、软硬、潜显、负正等可拓关系集。其中,包含关系为 reality of、virtual of、hard of、soft of、appear、latent、positive of、negative of。可拓关系集能够使用数学模型进行描述,如下式所示:

$$R_e = re(R_e) \oplus vi(R_e) = hr(R_e) \oplus sf(R_e) = ap(R_e) \oplus lt(R_e) = ps(R_e) \oplus ng(R_e) \quad (3)$$

式中: $re(R_e)$ —概念 C_R 的实部; $vi(R_e)$ —概念 C_R —虚部; $hr(R_e)$ —硬部; $sf(R_e)$ —软部; $ap(R_e)$ —显部; $lt(R_e)$ —潜部; $ps(R_e)$ —正部; $ng(R_e)$ —负部。

定义 4:本体属性集。

本体属性集使用 A_o 进行表示,用于描述可拓本体中类和本体关系的属性信息。

定义 5:可拓关系属性集。

可拓关系属性集使用 A_e 进行表示,用于描述关于可拓关系中虚实、软硬、潜显、负正等可拓关系以及矛盾问题的属性。

定义 6:可拓本体公理集。

可拓本体公理集使用 X 进行表示,该可拓本体公理集既包含经典的公理,也包含可拓公理,即包含解决矛盾问题的公理。

定义 7:可拓本体概念层次集。

可拓本体概念层次集使用 H 进行表示,用来描述不同概念之间的层次关系,表示子概念和父概念之间的关系层次,可以层次化组织起来,提高效率。

定义 8:可拓本体函数集。

可拓本体函数集使用 F 进行表示,可拓本体函数集可以将可拓本体中的各种概念映射到相应的权值。

定义 9:可拓本体实例集。

可拓本体实例集使用 I 进行表示,表示可拓本体

模型中的实例。

2 可拓本体构建原则与定理

2.1 可拓本体构建原则

为了能够有效地建立复杂机械产品的可拓本体模型,并使其具有较低的冗余度、明确的概念间关系和知识表达一致性,以解决复杂的设计问题,此处建立可拓本体构建的相关基本原则:

(1) 关联关系原则。

如果存在两个独立的类 C_1 和 C_2 ,且 C_1 的实例 x 与 C_2 的实例 y 之间有着固定的关系时,这两个独立的类 C_1 和 C_2 之间存在关联关系。关联关系分为许多种,一般主要是单向、双向及多向关联,除此之外也有继承、依赖和聚合等关联关系;在可拓本体中最常使用的关联关系为继承关系。

除了关联关系之外也有相离关系,对于两个任意的类 C_1 和 C_2 ,假如不存在实例 x ,同时为 C_1 和 C_2 实例,这样就可以认为 C_1 和 C_2 是相离的。可拓本体关联关系原则使得可拓本体建立过程中类间关系更加清晰明了,将不同概念间的关联关系进行区分,遵循关联关系原则可以有效地降低工作量。

可拓本体关联关系如表 2 所示。

表 2 可拓本体关联关系

关系名称	示例	实例
继承	$C_1 \supset C_2$	直升机是飞行器的分支
依赖	$C_1 \rightarrow C_2$	飞机飞行依赖燃油
聚合	$C_1 \rightarrow C_2$	直升机是由无数零件组成的
相离	$C_1 \rightarrow C_2$	水果和机械是相离的

(2) 本质属性原则。

可拓本体中,属性集 A_o 和 A_e 被用来描述不同种类的属性,本体自身的属性使用 A_o 进行描述, A_e 用来描述本体间矛盾问题以及虚实、软硬、潜显等可拓相关关系的属性。

其中,概念的本质属性决定了可拓本体中不同概念的本质区别,非本质属性则不足以判定两个概念的本质区别。同时,浅层次的概念通常用来反映对象的非本质的特有属性,可拓本体中常采用深层次的概念反映事物的本质属性,即使用科学概念反映本质属性。本质属性原则可以明确地对概念进行区分,降低可拓本体中知识的冗余度,同时可以有效避免知识的混乱性。通过物体中本质属性及非本质属性的区别和变换,可使得可拓本体具有较好的拓展性。

(3) 一致性原则。

可拓本体建立过程中应遵循一致性原则,即对可拓本体 O_E 中任意时期的同一知识进行拓展或修改时,最终的表示形式应该保持一致,在进行可拓变换时也

要注意变换的一致性。

2.2 可拓本体定理

为了使得复杂机械产品可拓本体模型能够具有较少的矛盾问题、较好的延展性,需要建立可拓本体构建的相关定理。可拓本体是在可拓理论和本体论的基础上建立的,因此具有两者的特性。

可拓本体定理如下所示:

(1) 关联定理。

对于目前已有的本体 O 而言,使用可拓本体定义及原则可以将现有的本体拓展出一个甚至多个与之相关的可拓本体 O_E 。这些拓展出的可拓本体都与原本的本体 O 之间存在关联,具体表现为可拓本体 O_E 中类、本体关系、可拓关系、属性、可拓属性、可拓公理和概念层次,都与本体 O 有着密切的联系。

(2) 拓展定理。

对于现有的本体 O ,通过可拓本体定义重新建立后,所产生的可拓本体 O_E 应与原本的本体 O 之间的本质属性一致,即使用科学概念对其非本质属性进行拓展。

(3) 约束定理。

现有本体 O 中所适用的公理集在可拓本体 O_E 中一定适用,可拓本体 O_E 中的可拓公理集中对概念和可拓关系的约束,应按照相关可拓理论体系进行指导。

(4) 矛盾问题定理。

对本体 O 进行可拓本体定义的过程中应注意知识间的矛盾问题,以便生成的可拓本体 O_E 含有尽量少的矛盾问题。

可拓本体实例集使用 I 进行表示,表示可拓本体模型中的实例。

3 可拓本体模型及其实现步骤

根据上述的相关概念、定义,复杂机械产品的可拓本体模型一般可以表述如下:

$$O_E: \{C, R_o, R_e, A_o, A_e, X, H, F, I\} \quad (4)$$

式中: O_E —可拓本体; C —可拓本体中的类或概念; R_o —可拓本体中本体间的关系集; R_e —可拓本体中的可拓关系集; A_o —可拓本体中本体的属性集; A_e —可拓本体中可拓关系集的属性集; X —可拓公理集; H —可拓本体的概念层次关系; F —可拓本体中的函数集; I —可拓本体的实例集。

由于复杂机械产品知识建模的复杂性,可拓本体模型的建立需要遵循相应的框架和实现步骤。

复杂机械产品可拓本体模型构建的一般框架组成为:首先确定机械产品的可拓本体需求分析,考虑可拓本体的领域和范围,明确其重点概念和重点术语,随后建立复杂机械产品可拓本体框架,定理可拓本体类间关系,最后创建实例。

可拓本体构建流程图如图 1 所示。

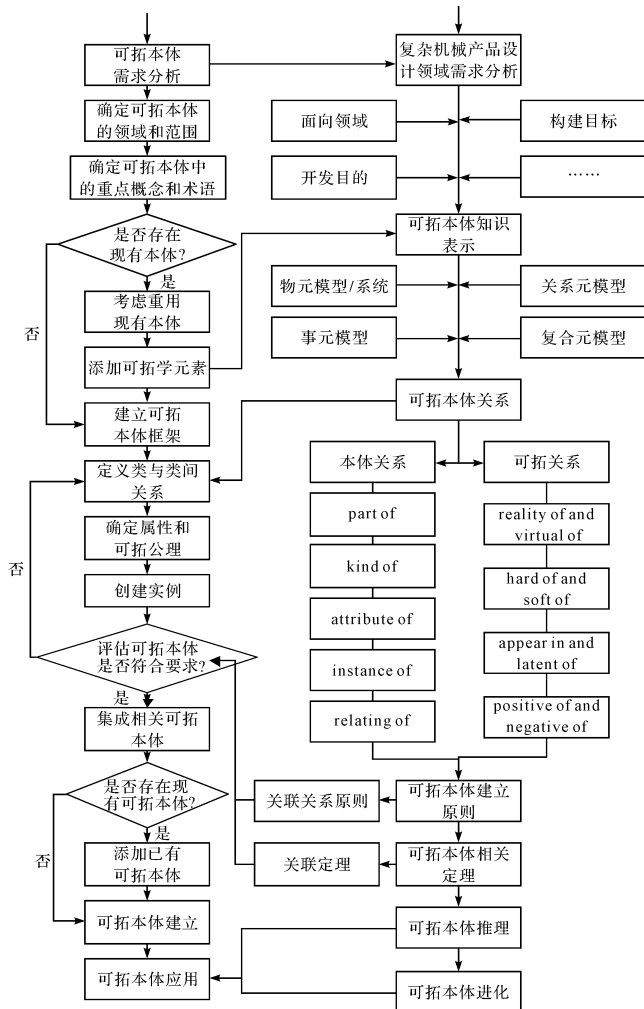


图 1 可拓本体构建流程图

复杂机械产品可拓本体的实现步骤如下：

(1) 可拓本体需求分析。

首先确认复杂机械产品中需要建立什么样的可拓本体,建立的可拓本体应该面向什么样的领域,构建的目标是什么等;

(2) 可拓本体领域和范围的确定。

明确复杂机械产品可拓本体所需求的领域、目的和作用,以及该可拓本体开发、维护和应用的对象;

(3) 确定可拓本体中的重点概念和术语。

尽可能多地列举复杂机械产品的相关概念,此时只需要考虑复杂机械产品需要解释或者声明的方面,不需要考虑这些概念之间是否存在矛盾以及知识冗余度等问题,及这些类或概念的表达方式;

(4) 可拓本体框架建立。

按照产品领域间关系来划分相关领域,对不同领域内的概念进行分类;通过关联关系原则,将同种类的概念放置到同一个领域内,并按照重点程度,选出重要的概念,去除不重要的概念,形成一个精简且准确的领域知识框架体系。

如果存在现有本体,可以对这些本体概念添加可拓关系、属性及可拓公理进行重用,若存在现有的可拓本体,则直接重用;

(5) 可拓本体层次关系、属性及公理库定义。

在同一领域内部之间的概念存在相关关系,不同领域之间的概念也可以有相关关系,这些关系需要准确定义;对于类、类的属性都要重点定义,并且要设定类的实例。

设定类以及类的层次关系:在领域本体的许多概念中,有相当多的概念都属于类。可拓本体对于类的层次定义主要使用混合法,先创建简单概念,然后分别向上以及向下处理;类以及类间层次关系确定应遵循关联关系原则。

定义类的属性:在类及概念确定后,需要对这些类的结构进行分析。由于概念库中重点概念已经确定并被定义,概念库中剩余的大部分概念都应该为描述这些类的属性,使用这些概念对类进行准确定义时,应注意类间关系。

定义属性库:属性库中存储的是可拓本体中概念的属性,此时可拓本体概念可以采用数值或者一整个类进行描述;将属性值定义为一个属性类,通过属性来决定取值类型、值的个数或者是其余的取值特征,并对该属性类进行建库处理。

定义公理库:在定义好了类、概念、属性之后建立可拓公理库。按照定理(3)中所要求深刻地分析可拓本体的公理,并用一阶语言形式进行描述;

(6) 创建实例。

创建类及概念中的实例,选择相对应的类及概念并且创建该类的实例集;

(7) 可拓本体模型评估。

应遵循关联关系原则、本质属性原则和一致性原则,同时也需要按照关联定理、约束定理、拓展定理和矛盾问题定理,对复杂机械产品可拓本体进行校验;应对概念间关联关系和约束进行检查,同时检验可拓本体的实际应用情况,从而确认该可拓本体的建立是否正确,是否是需要的;尽量满足清晰性、一致性及可拓展性,含有较少的冗余数据;

(8) 可拓本体储存。

选择合适的本体语言,对建立的复杂机械产品可拓本体进行编码、形式化,最后集成相关可拓本体。如果存在现有的可拓本体集成库,那么就引用至该复杂机械产品可拓本体中,增强该复杂机械产品的交互性,以方便可拓本体模型自动进行逻辑推理及检验。

4 案例

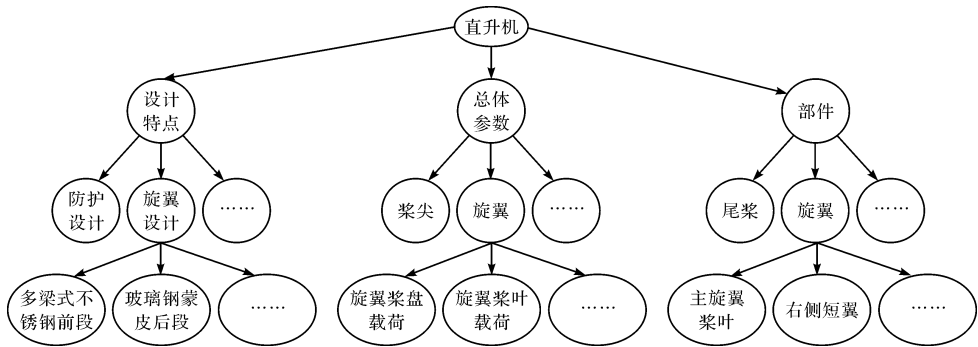
笔者以某型号直升机产品设计知识建模为例,对

可拓本体模型的实施过程进行论述。

直升机是一种复杂的机械产品系统,由多个部件组成,因此在建模的过程当中,也应考虑产品设计的知识。由于篇幅的限制,笔者选取某型号直升机的关键部件及参数进行分析,此处选取其旋翼系统进行分析。

旋翼系统概念主要包括部件、参数和设计特点等概念。某型号直升机的旋翼系统部件概念主要包含旋翼、旋翼桨叶、左侧短翼和右侧短翼等。参数概念主要包括桨尖参数、旋翼参数、桨叶参数等。该旋翼设计的特点概念包括玻璃钢多梁式不锈钢前段、玻璃钢蒙皮的蜂窝夹芯后段、4 片桨叶全铰接等等。

基于以上部件、参数、设计特点等方面汇总,可以得到直升机的知识结构图,如图 2 所示。



在概念知识表述方面,经典本体无法对复杂机械产品中的相关理论行为性概念进行表述,而可拓本体可以通过可拓本体概念集定义中的要求,对理论行为性概念进行表述,即使用可拓基元理论对理论行为性概念进行表示。

可拓物元模型可以较好地实现对直升机相关的类及概念的描述。可拓事元理论中,包含该型号直升机参与重大事件的相关知识,可拓关系元理论中包含该直升机与其改装机的关系知识。

在此基础上,笔者使用可拓本体概念集定义对该型号直升机的知识表示进行表示,即:

可拓物元模型可以较好地实现对直升机相关的类

某型号直升机

机长
旋翼直径
机高
空重
最大起飞重量
...
最大速度
转场航程
作战半径
实用升限
爬升率
翼负荷
...
翼面积
动力系统
机炮
外挂
...
起飞
支配对象
施动对象
地点
时间
前项
后项
程度
维系方式
...

17.76 m
14.63 m
4.05 m
5 165 kg
10 433 kg

365 km/h
1 900 km
480 km
6 400 m
12.7 m/s
526 kg/m²

168.11 m²
2 × T - 700 - GE - 701
1 200 × 1 × 30 mmM - 203
4

(某型号直升机)
(直升机飞行员)
(巴拿马)
(1989 年 12 月)
(某型号武装直升机)
(某型号 B 武装直升机)
(延伸型号)
(改装)
(...)

某型号直升机

机长
旋翼直径
机高
空重
最大起飞重量
...
最大速度
转场航程
作战半径
实用升限
爬升率
翼负荷
...
翼面积
动力系统
机炮
外挂
...
起飞
支配对象
施动对象
地点
时间
前项
后项
程度
维系方式
...

17.76 m
14.63 m
4.05 m
5 165 kg
10 433 kg

365 km/h
1 900 km
480 km
6 400 m
12.7 m/s
526 kg/m²

168.11 m²
2 × T - 700 - GE - 701
1 200 × 1 × 30 mmM - 203
4

(某型号直升机)
(直升机飞行员)
(巴拿马)
(1989 年 12 月)
(某型号武装直升机)
(某型号 B 武装直升机)
(延伸型号)
(改装)
(...)

某型号直升机

机长
旋翼直径
机高
空重
最大起飞重量
...
最大速度
转场航程
作战半径
实用升限
爬升率
翼负荷
...
翼面积
动力系统
机炮
外挂
...
起飞
支配对象
施动对象
地点
时间
前项
后项
程度
维系方式
...

17.76 m
14.63 m
4.05 m
5 165 kg
10 433 kg

365 km/h
1 900 km
480 km
6 400 m
12.7 m/s
526 kg/m²

168.11 m²
2 × T - 700 - GE - 701
1 200 × 1 × 30 mmM - 203
4

(某型号直升机)
(直升机飞行员)
(巴拿马)
(1989 年 12 月)
(某型号武装直升机)
(某型号 B 武装直升机)
(延伸型号)
(改装)
(...)

C =

(5)

接下来需定义直升机可拓本体的概念及概念之间的关系。此处主要由本质属性原则、本体关系集定义以及可拓关系集定义,来对概念间关系进行确定。

某型号直升机中的本体关系集的创建,应严格按照本体关系集定理。按照表 1 的 part of、kind of、attribute of 等本体关系,针对不同部件概念进行本体关系定义。

机体、主桨、起落架、动力装置等部件属于直升机的一部分,此时直升机和其部件系统的关系应使用 part of 关系,如图 3 所示。

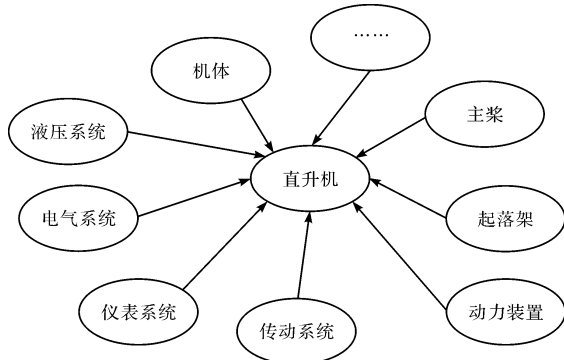


图 3 直升机 part of 关系知识结构图

直升机本体关系同样包含 kind of 关系集。以直升机旋翼、旋翼桨毂和尾桨为例,直升机旋翼包括铰接式旋翼、半铰接式旋翼、无铰式旋翼和无轴承式旋翼等;旋翼桨毂包括铰接式桨毂、挥舞铰、半刚性桨毂等等,尾桨又分为铰接式尾桨、翘板式尾桨、无轴承式尾桨等。

直升机旋翼桨毂 kind of 关系知识结构图如图 4 所示。

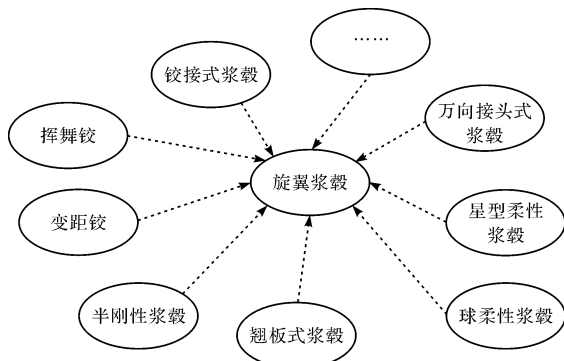


图 4 直升机旋翼桨毂 kind of 关系知识结构图

对于某型号直升机可拓本体中 attribute of 的关系集,代表着直升机部件及其属性之间的关系,如图 5 所示。

直升机可拓本体中的 instance of 关系集,列举出了某型号直升机及其改装型号实例。直升机可拓本体的 relating of 关系集,也主要储存了这些直升机实例的关系,在此不再赘述。

直升机可拓本体中,也包含可拓关系集,表 2 和可拓关系集定义将可拓关系分为 reality of、virtual of、hard of、soft of、appear、latent、positive of、negative of 等,对直

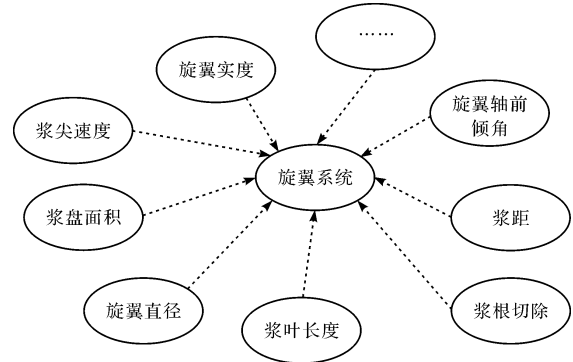


图 5 直升机旋翼系统 attribute of 关系知识结构图

升机可拓本体的知识进行可拓关系定义。

对于某型号直升机可拓本体,不同的概念间需要使用不同的可拓关系集。针对直升机可拓本体的直升机总空间而言,以某型号直升机机身为实部,内部空间为虚部,此时可拓关系如下所示:

$$R_m = \left(\begin{array}{cc} \text{某型号直升机} & \text{总空间, 直升机总空间} \\ & \text{实部, 机身设备体积} \\ & \text{虚部, 机身内部空间} \end{array} \right) =$$

$$[re(R_m) = \text{机身设备体积}] \oplus [vi(R_m) = \text{机身内部空间}]$$

(6)

对直升机可拓本体进行研究时,不能仅仅研究其组成部件,也需要研究其内外关系。对于一架故障的直升机,若其各个部件都是完好无损的,但是无法运转,只是由于其点火装置接触不良或者连接线断裂。进行可拓本体建模应注意直升机软硬关系,如下所示:

$$R_m = \left(\begin{array}{cc} \text{某型号直升机} & \text{发生故障, 情况未知} \\ & \text{硬部, 各部件完好} \\ & \text{软部, 连接线断裂} \end{array} \right) =$$

$$[hr(R_m) = \text{各部件完好}] \oplus [sf(R_m) = \text{连接线断裂}]$$

(7)

在直升机可拓本体建立过程中,也应考虑知识的浅显关系。对于报废的某型号直升机而言,其中存在某些零件可用,则其可拓关系如下所示:

$$R_m = \left(\begin{array}{cc} \text{报废的某型号直升机} & \text{性能, 不能使用} \\ & \text{价值, 无} \\ & \text{零件, 部分可用} \end{array} \right) =$$

$$[ap(R_m) = \text{无价值}] \oplus [lt(R_m) = \text{部分零件可用}]$$

(8)

直升机可拓本体建立同时,也应该充分考虑各知识的负正关系,方便后续知识使用时,可以有效地通过可拓变换将正、负关系转化,得到自己想要的结果。对于某型号直升机而言,一方面该型号直升机参与多次搜救运输等任务,但是也参加过战争,则其负正关系表示为:

$$R_m = \left(\begin{array}{cc} \text{某型号直升机} & \text{参考层面, 从人民层面考虑} \\ & \text{正部, 运输物资, 灾难救援} \\ & \text{负部, 战争} \end{array} \right) =$$

$$[ps(R_m) = \text{运输物资}] \oplus [ng(R_m) = \text{战争}]$$

(9)

在直升机相关概念的可拓关系和本体关系确定

后,需要确定直升机的类间层次关系,同时要遵守关联关系原则的要求。先确定直升机的类型、名称、部件、参数等术语进而向下细化,再取其中相对重要的知识术语进行概念泛化,确定不同的直升机可拓本体概念间的层次关系。对于某型号的直升机,先确定其部件、总体参数、直升机特点和直升机设计等知识,在每个知识下面再次寻找新的知识,例如在部件当中选取尾桨、在直升机特点中选取防护设计的特点等等依次向下选取,再添加剩余子类较少的相关项,参考表 3 和关联关系原则,子类继承其父类的所有属性特征,可以有效地减轻工作量,针对子类知识的确定更加简单明了。

直升机可拓本体的概念层次关系确定以后需要对其属性进行表述,通过对直升机不同知识属性的确定来建立直升机可拓本体的属性库。在直升机本体关系集中的 attribute of 关系集中已经包含众多相关属性知识,将其添加至属性库中。并且将没有在 attribute of 关系集中的关系也添加至属性库中,如直升机可以垂直起飞,能够在空中盘旋等属性。

直升机可拓本体的类、概念、属性都已经确立,最后需要建立其公理库,此时要遵循矛盾问题定理来确定直升机相关知识术语的公理情况,并进行描述。

在已经建立好了直升机可拓本体中的类、概念、属

性和公理集之后,需要添加航空发动机诸多类或概念的实例。该实例集从 instance of 关系集和剩余相关实例选择,如除了某型号直升机之外的各国比较有名的直升机实例等。

最后确定与评估直升机的可拓本体建立情况。首先判断是否满足可拓本体的关联关系原则,本质属性原则是否满足关联定理、约束定理、拓展定理和矛盾问题定理。从直升机可拓本体任意抽取父类和子类,查看之间是否存在关联;从同一本质属性知识库中抽取任意两项知识,查阅是否存在本质属性不相同的知识;从不同本质属性库中随机抽取知识检验是否包含相同的本质属性。若不满足关联关系原则或本质属性原则,则将其修改。检查直升机可拓本体中的知识量是否足够;在各个关系集、属性集和实例集中随机抽取两个知识,查看是否存在矛盾问题;在直升机可拓本体概念集和实例集中检查知识是否具有好的拓展性。通过上述检查对直升机可拓本体进行确定与评估。

Owl 语言是本体建立过程中使用非常广泛的一门语言,斯坦福大学的 protégé 软件可以很好地对直升机的可拓本体进行可视化校验。

某型号直升机 protégé 知识结构图(此处只截取其中部分图片)如图 6 所示。

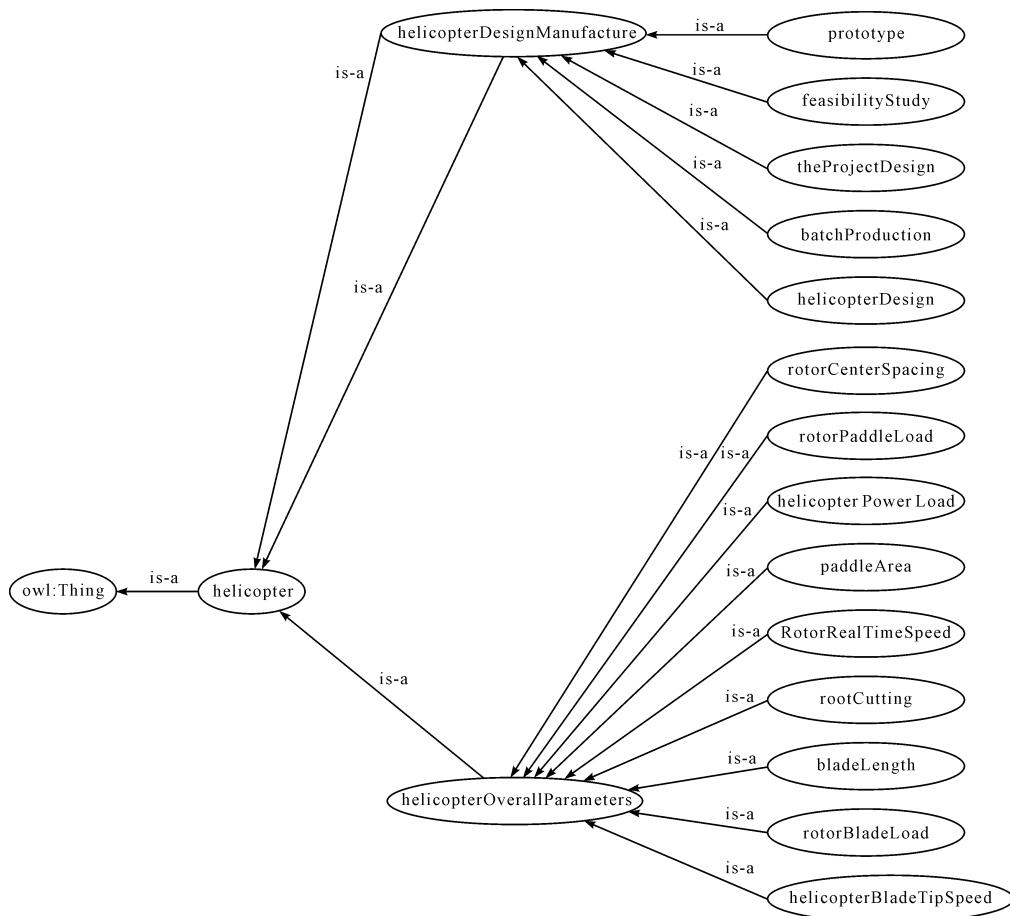


图 6 某型号直升机 protégé 知识结构图(部分)

protégé 中,可以表示直升机可拓本体知识中不同的可拓关系或本体关系,其通过不同样式的线条进行表示。

直升机可拓本体知识结构图(部分)如图 7 所示。

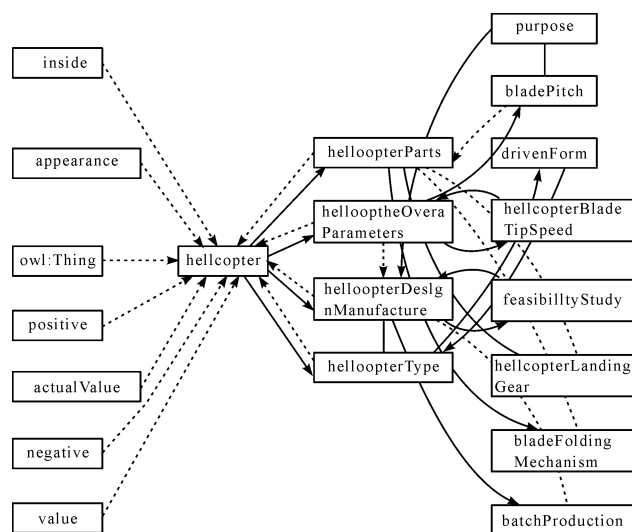


图 7 直升机可拓本体知识结构图(部分)

基于上述实例可以看出,在直升机可拓本体建模过程中,与经典本体建模存在着对比关系。

经典本体与可拓本体的区别如表 3 所示。

表 3 经典本体与可拓本体的区别

区别	本体 可拓本体
定义	本体模型一般只有 5 个定义 可拓本体模型拥有至少 9 个方面的定义,可以更加精确细致地对不同的复杂机械产品知识进行区分和表示。直升机可拓本体中定义越多则系统就越细致;
概念	概念描述不够准确,延展性不好 使用基元理论描述概念和类,可以更好地描述概念。直升机可拓本体中的知识表述使用基元理论,可以清晰地了解该知识的详细信息。且使用基元理论表述的知识延展性较好;
关系	本体关系较少,无法解决矛盾问题 添加了可拓共轭关系理论,使得本体参数具有一定的转化性,提高了本体关系表述的延展性。可拓本体能够将矛盾问题使用可拓思维以及可拓逻辑进行转化,同时可拓本体的矛盾问题定理以及确认评估步骤中对随机知识的检测都能够有效地降低矛盾问题的出现;
属性	仅仅描述了概念或关系的属性 不仅描述了概念或关系的属性,还描述了可拓共轭关系理论的属性。直升机可拓本体中可以对知识的两面性进行分析,使得知识可以更加有效地应用;
公理	一般性公理 可拓公理;
思维	一般性思维 使用可拓共轭思维,使得可拓本体的延展性更好,对知识的推理及优化有着较大的帮助。

由表 3 可知:相较于经典本体,笔者提出的可拓本体在知识表达、概念明确、关系处理和建模思路等方面表现较好,对于复杂机械产品的知识建模有较好的支持作用,具有可行性、优越性。

5 结束语

本文提出了一种面向复杂机械产品知识建模的可拓本体模型,该模型通过在经典的本体模型的基础上融合可拓理论,对可拓本体概念、定义以及相关定理进行了拓展研究;给出了可拓本体模型建立的相关原则,提出了复杂机械产品可拓本体模型建立的具体实施步骤,实现了复杂机械产品的知识建模。

相较于现有的本体,笔者所给出的可拓本体延展性更强,对知识的表示更加细致具体,使得复杂机械产品的知识表达更加有效。

参考文献 (References):

- [1] 王 毅,陈庆新,毛 宁. 基于本体的注塑模改模知识表达与推理研究[J]. 中国机械工程,2014,25(1):51-58,64.
- [2] DONG Bao-li, ZHAO Dong-fang. Service-oriented design part information semantic modeling and applications [C]. 2010 International Conference On Computer Design and Applications, Qinhuangdao:IEEE,2010.
- [3] RAMAN R, DSOUZA M. Knowledge value stream framework for architecting complex products [C]. 2017 IEEE Technology & Engineering Management Conference (TEM-SCON), Santa Clara:IEEE,2017.
- [4] WANG You-yuan, SONG Li-kang, WANG Fa-lin, et al. Ontology-based knowledge integration of collaborative design for aviation complex products [C]. 2011 IEEE 18th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Changchun:IEEE, 2011.
- [5] 王 力,李怀英. 基于本体的产品设计知识表示研究[J]. 计算机技术与发展,2014,24(9):115-119,145.
- [6] O'LEARY D. Review: ontologies: a silver bullet for knowledge management and electronic commerce [J]. **The Computer Journal**, 2005,48(4):498-498.
- [7] ZHAO Xin-lei, LIU Li-zhen, WANG Han-shi, et al. Ontology construction of the field of tourism in Africa [C]. 2015 8th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID), Hangzhou:IEEE,2015.

(下转第 1143 页)

本文引用格式:

王体春,方磊磊,童昌圣. 面向复杂机械产品的可拓本体模型构建研究[J]. 机电工程,2020,37(10):1121-1128,1143.

WANG Ti-chun, FANG Lei-lei, TONG Chang-sheng, et al. Construction of extension ontology model for complex mechanical products[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2020,37(10):1121-1128,1143.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>