

文章编号:1001-2486(2011)05-0150-06

一种基于知识因素表示理论的装备信息分类描述方法*

王盼卿^{1,2}, 李晓辉²

(1. 北京科技大学信息工程学院, 北京 100083; 2. 军械工程学院计算机工程系, 河北石家庄 050003)

摘要:当前信息分类的形式化描述是信息集成中一个研究重点和难点,基于知识的因素表示理论能够描述概念和概念之间的关系,并通过概念之间的关系描述概念的语义,该方法具有知识描述的统一框架和严格的数学理论基础。通过对装备信息分类方法研究,提出了装备全系统全寿命信息体系结构模型和基于知识因素表示理论的装备信息分类描述方法,并结合装备基础信息进行了实例分析,验证了该描述方法的可行性,能够为解决装备领域信息集中的语义异构问题提供理论支撑。

关键词:信息集成;因素;因素表示理论

中图分类号:TP311.13 **文献标识码:**A

A Description Method on Classification of Equipment Information Based on Knowledge Factor Expression Theory

WANG Pan-qing^{1,2}, LI Xiao-hui²

(1. School of Information Engineering, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

2. Department of Computer Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China)

Abstract: The formalistic description about classification of information is an important and difficult point in information integration currently. The factor expression theory based on knowledge can describe the relationship between concepts, and also can describe the concept's semantics through this relationship. This method has uniform frame of knowledge description and strict mathematical theory foundation. This research puts forward the architecture model of equipment total system and life cycle information, and the knowledge expression theory based on factor describes the classification of equipment information. With the basic information of equipment, it also proves that the method is valid in the equipment information integration. Therefore, it can provide theory support for resolving the semantically heterogeneous problem in the information integration of equipment field.

Key words: information integration; factor; expression theory of factor

以信息优势为核心的军事变革是建立在先进的一体化综合性军事信息系统的建设与运用能力基础之上的,未来信息化战争的发展趋势迫切需要建立统一的、能在全局范围内运行的军事信息系统,其互连、互通、互操作能力决定着信息系统的优劣,而信息集成^[1]是其核心问题。近些年,我军武器装备信息化建设取得了长足的进步。我军各级各部门投入巨大的财力、物力和人力,相继研制开发了一大批不同层次的指挥、管理信息系统,积累了大量的信息资源。但是,由于缺乏对信息的概念、结构和含义的统一规范,使得领域内信息存在不同程度的异构,各信息系统之间很难进行数据的共享和交换,信息集成问题成为军队信息系统一体化建设的瓶颈问题之一。在需要迫切解决的信息集成异构问题当中,语义异构^[2]问题

是主要问题之一。目前国内外研究语义集成问题已成为热点,诸多文献当中提出了很多方法和模型,如信息资源的资源空间模型 RSM^[3] (Resource Space Model),是以通用的资源观点来描述、共享、管理各种网络资源的模型。一个标准的资源空间是一个由独立坐标和相互直交的轴组成的语义坐标系统。文献[4-5]给出了建立资源空间模型的四个步骤:资源分析、自顶向下的资源分类、设计多维资源空间以及资源空间联合。同时,指出了设计策略和工具:参考模型、类推与抽象策略、资源字典、独立性检验工具和正交性检验工具等。知识的因素表示理论提出了概念和推理等知识的因素表示方法,给出了一种知识描述的统一框架,能够描述概念和概念之间的关系,并通过概念之间的关系描述概念的语义,本文认为运用知

* 收稿日期:2011-04-30

作者简介:王盼卿(1964—),男,教授,博士。

识的因素表示理论是研究解决装备领域信息集成中的语义异构问题的有效途径之一。

1 知识的因素表示理论

1.1 因素和因素空间

“因素空间”的原始定义是汪培庄于1981年在文献[6]中提出的,用以解释随机性的根源及概率规律的数学实质;严格定义是汪培庄于1982年在文献[7]中给出,定义背景已转向模糊集理论及其应用研究。因素空间理论为知识描述提供一个自然合理的描述框架^[8]。

因素空间理论,为知识表示提供了一个元描述,描述本身就是个理论框架。我们都熟悉物理系统,要描述物理系统就要考虑坐标系,即建立坐标“架”,有了坐标架以后,实在的物理对象便可以“挂”在这个架子上,变成了坐标系中的一个点,一条曲线,一个曲面或一个区域。即,描述工作是先有了坐标系,利用这个坐标系再去描述实际的对象。这就是元描述的含义。因素空间恰恰充当了知识表示中的坐标系的作用^[9]。

“因素”在汉语中是一个常用而又重要的词汇,解释为“构成事物的要素;决定事物成败的原因或条件。”作为因素空间理论的一个元词汇,它是事物描述的基元,是对事物描述时所考虑的事物的属性,推理过程中所考虑的各种前提条件等。其含义可从三个角度加以刻画:

(1) 归因性:它有两层含义,其一是由结果寻求原因,这时的因素理解为引起某种结果的事物;其二是由状态或特征选择名称,此时因素便作为一类状态或一组特征的标号。

(2) 解析性:概念的形成是通过对比,然而对比只能在既有差异又有共性的事物中进行。比如男和女是有差异的。之所以能经过对比而形成概念“男”和“女”,是因为它们有共性的东西——性别。这种共性的东西就是因素,像年龄、身高、职业等都是因素。因此,因素可以理解为解析识别现实世界的一种方式。

(3) 描述性:任何事物都是诸因素的交叉。一个人可由他在年龄、性别、身高、体重、职业、学历、性格、兴趣等方面的表现加以确定,人就是这些因素的一种交叉。这种交叉意味着应建立一种广义的坐标系,建立这一广义坐标系的关键在于把握年龄、性别等这样一些名称。从而,因素就是广义坐标系的维名称。

一个事物并非从任何因素都可以对之进行考察。所谓事物 u 与因素 f 相关,是指从 f 谈论 u ,

有一个状态 $f(u)$ 与之对应。称 (U, V) 为一个左配对,如果 U 与 V 分别是由一些对象和一些因素组成的集合满足:对任意 $u \in U$,一切与 u 有关的因素都在 V 中。在 U 与 V 中再规定一个关系 R : $R(u, f) = 1$, 当且仅当 u 与 f 相关。此外,记 $D(f) = \{u \in U | R(u, f) = 1\}$, $V(u) = \{f \in V | R(u, f) = 1\}$ 。

因素 f 可视为一个映射,作用在一定的对象 u 上可获得一定的状态 $f(u): f: D(f) \rightarrow X(f)$, $u \mapsto f(u)$, 这里 $X(f) = \{f(u) | u \in U\}$ 叫做因素 f 的状态空间。

引入一个特殊的符号 θ , 它表示空状态。约定:对任意状态 x , 无论它与 θ 组成集合还是组成序偶均不起作用,即 $(x, \theta) = (x)$, $(x, \theta) = x = (\theta, x)$ 。称符号 0 为零因素,如果 $X(0) = \{\theta\}$ 。约定,对每一左配对 (U, V) , 均有 $0 \in V$ 。

因素 g 叫做因素 f 的真子因素,记作 $f > g$, 如果存在非空集合 $Y \neq \{\theta\}$, 使得 $X(f) = X(g) \times Y$ 。称 g 为 f 的子因素,记做 $f \geq g$, 如果 $f > g$ 或者 $f = g$ 。

称因素 h 为因素 f 与 g 的合取因素,记作 $h = f \wedge g$ 。如果 h 是 f 与 g 的最大公共子因素,称 h 为 f 与 g 的析取因素,记作 $h = f \vee g$, 如果 h 以 f 与 g 为子因素并且是这样因素的最小者。

称因素族 $\{f_t\}$, $t \in T$ 是两两独立的,如果对任意 $s, t \in T$, 均有 $f_s \wedge f_t = 0$ 。

因素 h 叫做因素 f 与 g 的差因素,记作 $h = f - g$, 如果 $(f \wedge g) \vee h = f$ 。

设 F 是一因素集, $1 \in F$ 是一个因素,称 1 为关于 F 的全因素,如果 $\forall f \in F (1 \geq f)$, 对于 $f \in F$, 记 $f_c \in 1 - f$, 若 $f_c \in F$, 则称 f_c 为 f 关于 1 的余因素。

因素空间的公理化定义:一个因素空间是以一个完全的布尔代数 $F = F(\vee, \wedge, c, 1, 0)$ 为指标集的集合族 $\{X(f)\}$, $f \in F$, 满足公理

$$(F1) X(0) = \{\theta\}$$

(F2) $\forall T \subset F$, 若 $(\forall s, t \in T) (s \neq t \Rightarrow s \wedge t = 0)$, 则 $X(\bigvee_{s \in T} s) = \prod_{s \in T} X(s)$, F 叫做因素集, $f \in F$ 叫做因素, $X(f)$ 叫做 f 的状态空间, 1 叫全因素, $X(1)$ 叫全空间。

1.2 因素表示理论概述

知识的因素表示理论给出了一种知识描述的统一框架。在这种表示方法中,既有严格的数学理论作为基础,又有明确的描述对象作为背景。任何一种描述对象(事务、概念等)的内涵与外

延,在这种描述框架下都可以得到统一反映,同时,知识的因素表示理论还可以反映事物的层次结构,描述不同事物间的动态关系^[10]。

(1)事物、因素及因素空间

在知识的因素表示理论中,最基本的概念是事物、因素及因素状态。其基本含义如下:

事物:指客观存在的客体和行为、现象等。它们是知识描述的主要对象,可以是具体的事物,也可以是抽象的概念、系统和命题等。

因素:是描述事物的基本元素。例如对事物进行描述时所考虑的事物的属性,推理过程中所考虑的各种前提条件等。

人们为了认识事物及其变化规律,一般是从事物的各个方面或从某一事物与其它事物的联系和比较中去认知的。比如用年龄、性别、身高、体重、职业等来描述一个人,这里的年龄、身高等就是人的描述因素。从一定意义上讲,事物的因素概念可看作是事物属性概念的抽象和扩展,它具有整体性、结构性、相对性和多样性的特征。

定义1 设 U 为论域, $O = \{o\}$ 为论域 U 内的一组认知与描述对象,称范畴 f 为论域 U 内关于 O 的认知及描述因素,若 f 满足:

(a)存在 f 的一个可认知可表达状态集 $A, A = \{x_o(f)\}, X_o(f)$ 为 f 对于 o 的一个可认知可表达状态。

(b)若存在 τ 观点下的一个认知抽象映射

$$f_i: O \xrightarrow{\tau} A$$

$O_i \rightarrow f_i(O_i) = a_i$, 则 a_i 可作为对象 O_i 在 τ 观点下在 f 方面的一个确定描述。

(2)事物与因素的关系描述

事物与描述因素之间的关系可以认为是通过事物在特定因素下的表现状态联系起来。任何事物都可以看作是“诸因素的交叉或组合”。给定一类事物,总可以找到能描述这类事物的一个因素集合,用之可以构成这类事物的描述因素空间及模式。反之,一旦一个描述事物的因素集合已经选定,就可以用它来统一地描述某类事物,并且在某种意义上描述是唯一的。

定义2 设 $o \in O$ 是论域 U 上的一个描述对象, f 是一个描述因素,称 o 与 f 有关,当且仅当, o 在 f 上有确定的非零状态 $X_o(f)$, 并记 $R(o, f) = X_o(f)$, 称:

$$O(f) = \{o | R(o, f), f \in U, o \in U\}$$
 为论域 U 中与 f 相关的对象集合,

$$O(F) = \{o | R(o, F), F \in U, o \in U\}$$
 为论域 U

中与 F 相关的对象集合。

(3)知识的因素表示模式

因素空间理论给出了一个知识描述的框架,利用这一描述框架,可以对各类事物及其属性进行表达和描述。通过研究这一框架,得出基于因素空间理论的知识表示模式。

定义3 在论域 U 中,知识因素表示的原子模式是一个三元组 $M(O) = \langle O, V, X \rangle$, 也可记作 $M(O, V, X)$, 其中

O 是论域 U 中知识描述的对象集,就是论域 U 中的事物集;

V 是论域 U 中与 O 配对的因素集;

X 是论域 U 上基于 V 的因素空间 $X_o(f) | f \in F, F \subseteq V$ 。

可以这么理解,原子模式是描述事实、概念的初级模式。其中的三个元素的功能和关系是:当描述事实时, O 指被命题叙述的主题对象, V 是其描述关系或特征面,因素空间 X 则给出具体的关联值。

2 装备信息分类模型

装备信息多种多样,内容丰富。可以有不同的分类方法,分类都不是绝对的、一成不变的,以下是一些常用的分类方法。

(1)按照信息的作用层次,可分为:①战略计划信息。与最高管理部门(战略决策部门)的目标、达到目标所需的资源及其获取、配置、使用和处理等方面进行决策有关的信息。显然,战略决策有关的信息主要是比较宏观的、关系全局的信息。②管理控制信息。为保证战略决策所需要的人财物的准备、调度、使用,进行的各种管理层活动所需的信息。这些信息主要是提供战略决策部门与具体任务实施单位之间的各级各类管理部门和单位使用。显然,这些信息相对于战略计划信息说来,其涉及的范围较小,影响期间较短而时效性更强。③业务信息。保证具体任务实施,与部门、单位日常活动有关的信息。例如,装备型号研制、生产与验收、试验,装备正常或应急请领、送修、备件供应、人员训练等活动有关的信息,包含各种报告、计划表、表单、预算等形式表达的信息。

(2)按照信息的稳定性,可分为:①基本信息。关于装备和装备工作一些比较稳定的信息,如装备工作的政策、法规、标准,装备和装备工作机构的编制体制,各种装备的性能、结构,装备研究院所、修理厂、基地及有关院校、培训机构的数量、编制、基本任务、规模和地点等。②动态信息。

例如,各种装备的实际数量、质量状况、研制生产与使用状况、储存状况、维修状况,具体装备的损伤、故障和修复状况,有关装备工作人员及其训练的状况等。

(3)按照信息的性质,可分为:①原始信息。直接收集来的未经加工的信息是原始信息。例如,现场收集的具体装备状况,包括完好、故障或损伤状况,修复状况,试验状况等都是原始信息。②已加工处理的信息。将原始信息经过分析、统计、归类等处理得到的信息。例如,各种统计计算出的参数、指标。现场收集的某种装备多次故障

发生时间和它们的修复时间是原始信息,将它们经过统计计算得到的平均故障间隔时间(MTBF)和平均修复时间(MTTR)就是经过加工的信息。

装备信息的不同分类方法,描述为不同的信息分类模型。本文按照信息的稳定性对装备全系统全寿命信息进行分类,在装备系统、装备寿命、信息分类三维坐标空间内完整地进行表述和定位。其体系分类模型见图 1 所示,本文称之为装备信息的三维多粒度体系分类模型。图中所示,其多粒度主要体现在三维坐标轴上的数据,可进一步分层分类和细化。

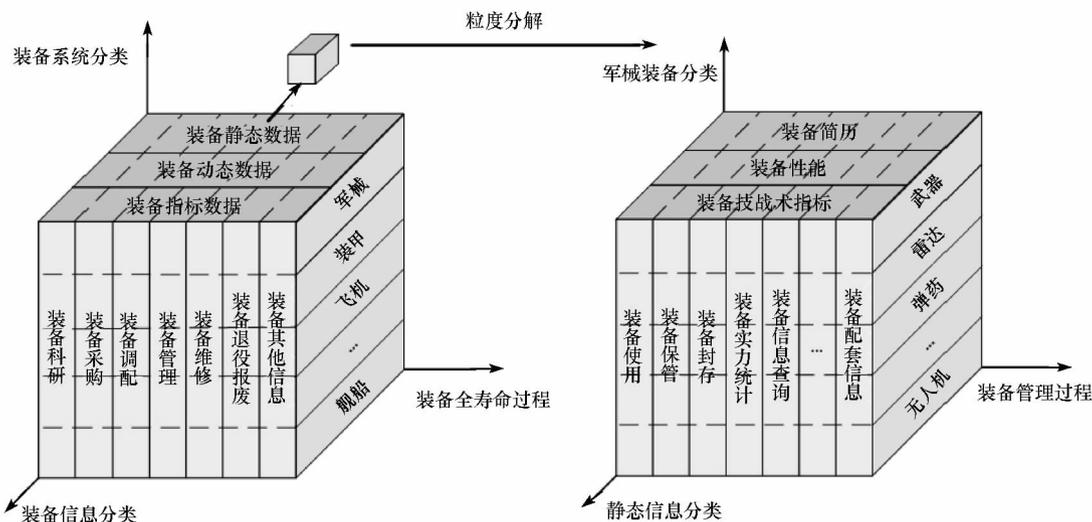


图 1 装备全系统全寿命信息体系结构模型

Fig. 1 The architecture model of equipment total system and life cycle information

装备全寿命管理过程,包括基础信息和业务信息,基础信息指武器装备的固有属性、战技性能、多媒体信息和相关标准等数据,业务信息指装备科研、采购、调配、管理、维修和退役报废等业务管理数据;装备全系统分类,可以按照装备大类进行划分,也可以按照装备分类体系进行细分;在装备信息分类中,静态数据主要指装备的战技性能等相对稳定不变的数据,动态数据指随着装备的业务过程发生变化的数据,而统计指标数据是通过其他静态和动态数据项按照计算公式计算所产生的数据。

3 基于知识因素表示理论的装备信息分类描述方法

装备领域中的信息分类具有层次结构,一个概念可以用多个因素进行表述,概念之间存在特定的关系。事实上,我们可以认为概念以及概念之间的关系是一种知识,可以利用知识的因素表示理论进行抽象描述。概念与描述因素之间的关系是通过概念在特定因素下的表现来体现的,可

以看作是多因素的交叉或组合。领域中的任何概念,都存在一个因素集合,可以构成这类概念的描述因素空间。基于因素的信息分类表示基本理论定义如下:

定义 4 在论域 U 中,因素 $f, g \in F$, 称 f 生出 g (记为 $f \downarrow g$), 若有 $O(g) \subseteq O(f)$, 且存在 $x \in X_u(f)$ 使 $X_{o(g)}(f) = x$, 亦即对任意 $a \in O(g)$, 有 $X_a(f) = x$ 。

定义 5 称因素 $f \in F$ 为一个开关因素, 如果 $X_u(f) = \{x_i | i = 1, \dots, n\}$, 且有 $g_i \in F (i = 1, \dots, n)$, 使得 $f \downarrow g_i, X_{o(g_i)}(f) = X_i (i = 1, \dots, n)$, 该开关因素记作 $f: g_i (i = 1, \dots, n)$ 。则 $O(g_i) = \{o | X_o(g_i) = x_i\}$ 是 $O(f)$ 的一种划分, 称为 f 的类别划分。每一 $O(g_i)$ 成为一个类别。

本文基于以上定义,对装备信息领域中的概念进行因素分析,采用如下步骤:

① 确定描述概念的集合。针对描述的对象进行范围概括分析,确定好描述范围,恰当地构造出对象集合 O ,即设定好描述对象域。

② 确定描述因素集合 F 。对描述对象进行

层次相关性分析,确定出描述对象的因素集合 F ,使之与 O 形成粗略配对 (O, F) 。

③ 对配对 (O, F) 进行层次系统分析,确定其是否具有层次类别关系,是否需要考虑构成因素分类树,实现优化分析。

④ 确定因素在论域 U 上的单因素状态空间 $X_u(f) (f \in F)$ 。

⑤ 构造原始离散因素空间 $\{X_u(f) | f \in F\}$ 。

⑥ 构造原始对象描述离散模型 $M_u(O) = \langle O, F, \{X_u(f) | f \in F\} \rangle$ 。

⑦ 对 $M_u(o)$ 进行分析论证。

假设论域 U 为装备信息领域,描述概念的集合 O 为该领域中的信息数据项对象集合, F 为数据项对象的影响因素。根据对装备全系统全寿命信息体系结构的分析研究, O 具有分类层次结构,一个确定的对象 O 可以用多个影响因素描述其状态,即在信息分类体系结构中进行识别。因此基于因素的知识表示理论,对 O, F 给出如下定义。

定义6 $O = \{o_l \in O | l = 1, \dots, n; i = 1, \dots, m\}$,其中 l 表示信息的分类层次, i 表示每一分层存在多个具体信息对象。

定义7 $F = \{f_l \in F | l = 1, \dots, n; i = 1, \dots, 3\}$,其中 l 表示与信息分类相对应的影响因素层次, i 表示每一分层存在的3类主要因素。

从该领域信息分类的第一层次进行分析,令 $F = \{f_1, f_2, f_3\}$,其中 $f_1 =$ 装备系统, $f_2 =$ 装备寿命过程, $f_3 =$ 装备信息类别。则 $X_u(f_1) = \{$ 军械, 装

甲, 导弹, 工程, 防化, 飞机, $\dots\}$; $X_u(f_2) = \{$ 装备科研, 装备采购, 装备调配, 装备管理, 装备维修, 装备退役报废, $\dots\}$; $X_u(f_3) = \{$ 装备静态数据, 装备动态数据, 装备统计指标数据, $\dots\}$ 。

具体的信息是通过三类因素共同描述,即可以识别装备系统类别、装备寿命过程和装备信息类别,令 $g = f_1 \wedge f_2 \wedge f_3$,则 $O(g)$ 为该领域中通过三类因素确定的对象的集合。当然随着信息分类层次的深入分析,在每一个信息分类层,三大类影响因素可以进一步细分为若干个子因素,具体的信息可以通过不同类别下的子因素的合取进行唯一表述。因此可以利用因素空间理论来描述装备全系统全寿命管理领域内的信息分类体系结构。

由于该领域涉及概念较多,以下以装备基础信息中的重点概念以及主要关系进行详细分析,并利用因素的知识表示理论对装备基础信息的分类进行描述。装备基础信息主要包括装备目录、装备通用信息、战技指标信息和配套装备信息几个概念。其中装备分类目录中的关系有 part of (整体与部分), kind of (继承), brother of (兄弟), 装备基础信息相关概念的关系有 part of、attribute of (属性)、instance of (实例关系), equipollence of (等价)。例如“手枪”与“枪”之间为 kind of 关系,“战斗射速”与“战技指标性能信息”是 attribute of 关系,“2000元”是“价格”概念的实例。装备基础信息重点概念和关系示意如图2所示。

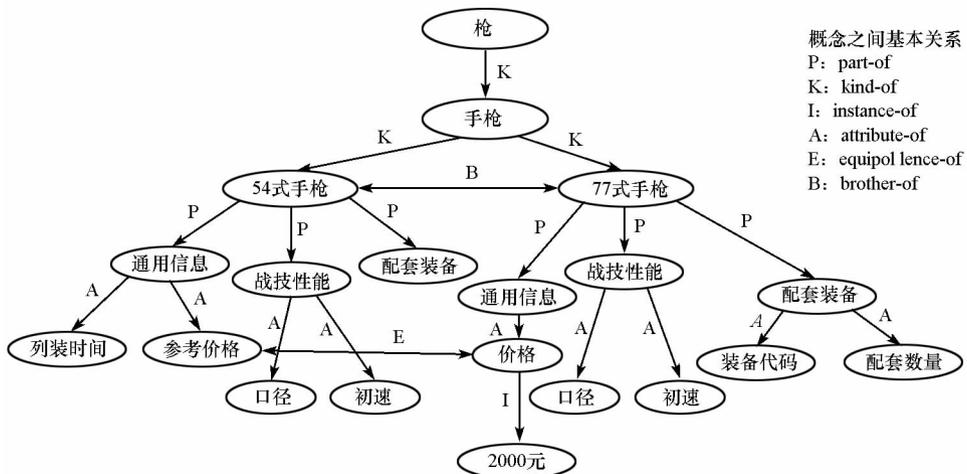


图2 装备基础信息重点概念和关系示意图

Fig. 2 The sketch map of main concept and relationship of equipment basic information

假设 U 为装备基础信息领域, O 为武器装备对象, F 为描述武器装备基础信息时的影响因素。根据对装备基础信息中重点概念和关系的分析,武器装备目录具有树形层次结构,处于不同层次

的装备对象可以选用不同大小的因素来描述,对象之间通过一定的因素发生关系。对于具体的装备可以通过其固有的战技指标因素集合进行刻画,对象在每一个因素下都有确定的状态,即指标

数据值。

定义8 $O = \{\text{全体武器装备的集合,包括分类目录和具体的装备型号}\}; F = \{f_1, f_2, f_3, f_4, \dots\}$, 其中 $f_1 = \text{装备系统}, f_2 = \text{装备类属}, f_3 = \text{战技指标}, f_4 = \text{概念关系} \dots; f_2 = \{f_{2i} | i = 1, 2, \dots, n\}$, 表示装备类属因素是一个因素集,且大类生出小类,满足如果 $i > j$, 则 $f_{2i} \downarrow f_{2j}$ 。

根据以上定义,可以对装备基础信息领域中的对象进行如下分析:

$X_u(f_1) = \{\text{军械, 装甲, 导弹, 工程, 防化, 飞机, } \dots\};$

由于任何装备类别都属于确定的装备系统类,因此 f_1 生出 f_2 , 记作 $f_1 \downarrow f_2$, 因此有 $O(f_1) \subseteq O(f_2)$ 。如 $f_{21} = \text{枪}$ 的类属因素, 则 $O(f_{21}) = \{\text{“枪”}\}$, $O(f_{11}) = \{\text{“军械装备”}\}$, 因此“枪”是“军械装备”的子类;同理若 $f_{22} = \text{手枪}$ 的类属因素, 根据定义6、7, $f_{21} \downarrow f_{22}$, $O(f_{21}) = \{\text{“手枪”}\}$, 因此“手枪”是“枪”的子类;依次类推,这些识别因素构成一树状因素集,可以对武器装备分类进行层次结构分析。

f_3 战技指标因素,用来描述具体型号装备的战技指标属性, $f_3 = \{f_{3i} | i = 1, 2, \dots, n\}$, 表示 f_3 是指标因素的集合。设 f_{3i} 为54式手枪战技指标因素集, 则 $X_u(\wedge f_{3i}) = \{\text{“54式手枪的战技指标性能信息”}\}$, 即多个相关的指标因素唯一确定了装备战技性能状态。对于具体的指标因素“价格”, $X(\text{价格}) = \{\text{“2000元”}\}$, 则描述了装备对象在特定因素下的状态即取值。

4 结束语

装备领域信息集成中存在大量的语义异构信

息,阻碍了信息的共享与交换,本文通过对知识的因素表示理论研究,提出了一种基于知识因素表示理论的装备信息分类描述方法,并给出了具体实例,验证了该描述方法具有严格的数学逻辑推理,能够描述概念和概念之间的关系,可为解决装备领域信息集成中的语义异构问题提供理论支撑。

参考文献:

- [1] Hearst M A, Levy A Y, Knoblock C, et al. Information integration[J]. IEEE Intelligent Systems and Their Applications, 1998, 13(5): 12-24.
- [2] 周建芳,徐海银,卢正鼎. 语义信息集成中基于等价类的上下文转换[J]. 小型微型计算机系统, 2010, 10(10): 1937-1941.
- [3] Zhuge H. Resource Space Model, Its Design Method and Applications [J]. Journal of Systems and Software, 2004, 72(1): 71-81.
- [4] Zhuge H. Resource Space Grid: Model, Method and Platform[J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2004, 16: 1385-1413.
- [5] Zhuge H, Yao E L, Xing Y P, et al. Extended Resource Space Model [J]. Future Generation Computer Systems, 2005, 21: 189-198.
- [6] 汪培庄. 随机微分方程·统计物理学进展[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [7] 汪培庄, 官野道夫. 因素场与 Fuzzy 集的背景结构[J]. 模糊数学, 1982.
- [8] 汪培庄. 因素空间与概念描述[J]. 软件学报, 1992(2): 30-40.
- [9] 李洪兴, 汪培庄. 基于因素空间的决策方法[J]. 阴山学刊(自然科学版), 1994, 6(3).
- [10] 刘增良, 刘有才. 模糊逻辑与神经网络[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996.