

# 基于描述逻辑的物资管理领域本体模型研究\*

葛世伦, 蒋璐

(江苏科技大学 经济管理学院, 江苏 镇江 212003)

**摘要:** 为解决企业异构数据的共享问题, 提出利用本体模型和描述逻辑对元数据进行形式化的方法, 通过形式化元数据交互实现异构数据的共享。以大型单件小批制造企业为研究对象, 首先对物资管理领域数据模型进行分析, 抽象出相关概念类构建领域本体模型。然后, 结合描述逻辑对物资管理领域本体模型进行形式化描述。最后, 以领料申请为实例说明物资管理领域本体模型在异构数据共享中的应用。实证表明, 构建的本体模型能有效解决企业异构数据的共享问题。模型具有一定的通用性可重用于企业的其他主题领域, 为企业业务信息的无歧义共享提供了一种有效途径。

**关键词:** 本体; 描述逻辑; 元数据; 形式化; 物资管理

**中图分类号:** TP315

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1001-3695(2013)05-1448-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.05.041

## Ontology model of goods and materials management based on descriptive logic

GE Shi-lun, JIANG Lu

(School of Economics & Management, Jiangsu University of Science & Technology, Zhenjiang Jiangsu 212003, China)

**Abstract:** To solve the problem of sharing the heterogeneous data, this paper offered the method of interacting the formalized metadata by using the ontology model and descriptive logic. Oriented to the large-piece-one-of-a-kind production enterprise, this paper analyzed the data model of goods and materials management to abstract the conceptual classes to build the ontology model of goods and materials management. Then, this paper expressed the goods and materials management area formally based on descriptive logic. At last, this paper illustrated the usage of the ontology model by using the picking apply process as an instance. The empirical result indicates that the ontology model built can solve the problem of sharing the heterogeneous information effectively. It can also be used in the other subject area to provide an effective way to share the business information with no ambiguity in enterprises.

**Key words:** ontology; descriptive logic; metadata; formalize; goods and materials management

## 0 引言

在企业数据仓库的构建过程中, 由于建立者的知识、经验不同, 描述侧重点不同等原因, 使得企业面临异构数据的集成问题。元数据对数据仓库中的数据、数据来源以及数据的应用规则进行描述, 是构建、管理、维护和使用数据仓库系统的重要部件<sup>[1]</sup>。利用元数据对异构数据进行抽象、概括有利于信息资源的集成和传播。

在基于元数据的异构数据集成及元数据管理应用方面, 已有不少学者作了相关研究。聂茹等人<sup>[2]</sup>提出的基于本体的数据交换方法主要解决了异构数据源间的数据传递问题; 张宇等人<sup>[3]</sup>提出一种对分散系统中的异构数据集进行集成的整合方案; 徐博艺等人<sup>[4]</sup>提出一种利用领域本体对局部元数据进行语义集成的方法以解决数据仓库元数据管理中的语义异构问题; 查祝华等人<sup>[5]</sup>采用 XML 技术归纳设计三种元数据应用模式和内容规范, 制定元数据建库方法与流程, 建设 1:50000 数据库更新工程元数据库。

制造企业对我国经济的发展起着举足轻重的作用, 研究制造企业的管理特点, 分析其信息活动规律, 构建信息模型, 为其信息化建设提供理论指导具有十分重要的意义。然而, 已有的研究大多集中于地理信息系统、数字图书馆以及医疗系统等领域, 鲜有针对制造企业业务需求提出的解决方案。与其他制造方式相比, 大型单件小批制造业的 BOM 和工艺线路定额表动态且复杂, 因此, 其他制造方式可以视为是大型单件小批制造业的一种特例<sup>[6]</sup>。

本文结合企业具体业务流程, 针对企业中异构数据的整合与利用需求, 提出利用本体模型和描述逻辑对元数据进行形式化, 通过形式化元数据交互实现异构数据的共享。以大型单件小批制造企业为研究对象, 以物资管理职能领域为实例, 对物资管理领域数据模型进行分析; 基于描述逻辑将问题领域中的概念和关系进行抽象并构建物资管理系统的本体模型用于表示异构信息, 以期为企业异构信息的集成提供行之有效的解决方案。

收稿日期: 2012-09-22; 修回日期: 2012-10-30 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70971056)

作者简介: 葛世伦(1963-), 男, 江苏镇江人, 教授, 研究生导师, 博士, 主要研究方向为企业建模、企业信息管理等; 蒋璐(1988-), 女, 江苏常州人, 硕士研究生, 主要研究方向为信息管理与信息系统(annie.june@hotmail.com)。

## 1 基于描述逻辑的本体构建

### 1.1 本体的表述

基于面向对象思想,采用六元组定义进行本体的表述:

$$\text{Ontolog } y = \{C, A^C, R, A^R, H, X\}^{[6]}$$

本体表述时用到的符号定义如表1所示。

表1 本体表述中用到的符号定义

| 符号    | 符号定义          |
|-------|---------------|
| $C$   | 本体的有关概念集      |
| $CI$  | 概念集的实例        |
| $R$   | 概念间的关联集合      |
| $RI$  | 关系的实例         |
| $H$   | 概念集 $C$ 的层级关系 |
| $AC$  | 基于各概念的属性集     |
| $ACI$ | 概念集实例的属性      |
| $AR$  | 各关联的属性集       |
| $ARI$ | 关系实例的属性       |
| $X$   | 基于属性的各种约束     |

### 1.2 基于描述逻辑的本体元数据表示

描述逻辑是一种基于对象的形式化工具,是一阶谓词逻辑的可判定性子集,它可以用来表示知识<sup>[7]</sup>。在众多知识表示的形式化方法中,描述逻辑受到人们特别关注的主要原因在于:具有严格的语义基础;对概念性知识的处理,特别是对概念分层的处理非常有效;提供有效的推理机制,支持可判定的推理服务<sup>[8]</sup>。下面对基于描述逻辑的本体元数据表示过程中用到的相关概念进行简要介绍:

a) 基本逻辑符号。描述逻辑提供了基本的逻辑原语以表示复杂的概念与关系。描述逻辑中常见的逻辑符号如表2所示。其中: $n$ 表示自然数。

表2 描述逻辑中常见的逻辑符号

| 符号             | 符号定义   | 符号             | 符号定义   |
|----------------|--------|----------------|--------|
| $C \wedge D$   | 概念合取   | $C \vee D$     | 概念析取   |
| $P -$          | 关系的逆   | $\neg C$       | 概念取非   |
| $\equiv$       | 逻辑等价   | $\rightarrow$  | 逻辑蕴涵   |
| $\exists R. C$ | 存在限制   | $\forall R. C$ | 任意限制   |
| $\geq nR. C$   | 最小数量限制 | $\leq nR. C$   | 最大数量限制 |
| Subclass of    | 子类     | instance of    | 类的实例   |

b) 原子类与复合类。类可以分为原子类和复合类,其中原子类表示不可再分割的类,表示为 $\{C\}$ ;复合类由原子类通过逻辑连接符连接而成,如: $M \equiv C \wedge D$ 表示复合类 $M$ 由原子类 $C$ 和 $D$ 通过“ $\wedge$ ”复合而成。

c) 类的属性。它表示了类的特征,一个类可具有多个属性。同一个类的属性之间用“ $\wedge$ ”相互连接,表示同属一个类,如 $\{C\}, \{C. a_1 \wedge C. a_2\}$ 表示概念类 $C$ 具有属性 $a_1$ 和属性 $a_2$ ,若概念类 $C$ 由原子类复合而成,则复合成 $C$ 的原子类的属性自动为 $C$ 所具有。

d) 类的实例及其属性。概念类 $C$ 的 $I$ 实例表示为 $C(I)$ ,则可将类的实例形式化为 $\{C\}, \{C. a_1 \wedge C. a_2\}, \{C(I_1), C(I_2)\}, \{C(I_1). a_1 \wedge C(I_1). a_2, C(I_2). a_1 \wedge C(I_2). a_2\}, C(I_1), C(I_2)$ 表示概念类 $C$ 的 $I_1$ 和 $I_2$ 实例。

e) 关系及其属性。在问题领域中,关系用小写字母 $r$ 表示,如 $\{C D \wedge r_1. a_1\}$ 表示概念类 $C$ 和概念类 $D$ 的关系为 $r_1$ 具有 $a_1$ 属性。关系的实例是对象间关系的具体体现,表示具体的关系,其定义方法与对象类实例的定义方法相同。

f) 属性的约束和限制。约束包括域约束和范围约束,其中

域约束指该属性的作用范围,仅对什么类有效;范围约束指该属性的取值范围,属于哪个类的实例或哪种类型的数值等。

## 2 物资管理领域本体模型构建

### 2.1 构建物资管理系统数据模型

构建物资管理领域本体模型的第一步应对物资管理系统数据模型进行分析。通过对物资管理系统数据模型的分析可以明确地标志出参与物资管理活动的各行为主体及其所交换的数据,进而进行相关概念的提取与抽象。本文用 IDEF1x 模型来表示大型单件小批制造企业物资管理系统的数据模型,如图1所示。

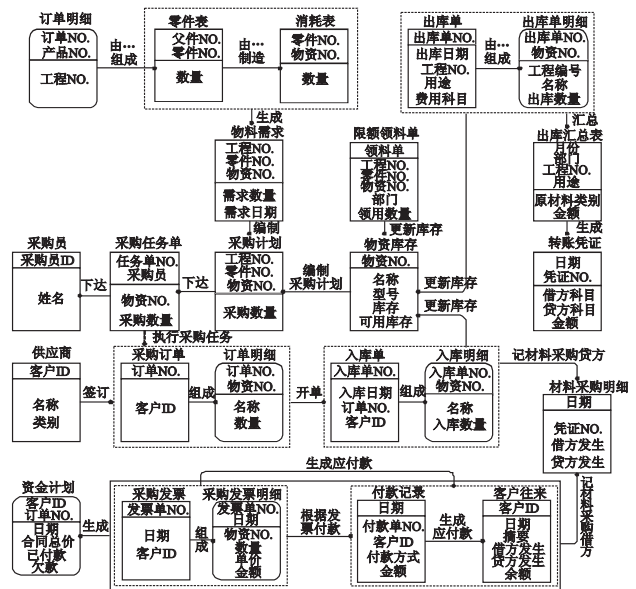


图1 物资管理领域数据模型

### 2.2 相关概念类的抽象

通过对物资管理领域数据模型的分析,按其所担任的业务角色,可将其分为参与人、表单、报表、规则、工具等概念类,以及提供、处理等关系类。在概念类中:参与人是指参与物资管理的活动者,如采购员、保管员等;表单是指物资管理过程中的各种单据凭证,如入库单、领料单等;报表是指物资管理过程中涉及的各种汇总报表,如出库汇总表、客户往来汇总表等;规则是由物资部、财务部等物资管理涉及的管理部门所制定的规范参与人员行为的各项规章制度,如保管员手册等;工具包括用于库存盘点、成本核算等活动所使用的方法与工具。在关系类中:提供是指参与人所提供的各种材料如表单、报表所进行的操作;处理是各个概念类之间所发生的各种关系,包括单据审核、材料出入库等各项活动;物料是指参与人对实际物料进行操作。物资管理问题领域的概念抽象如图2所示。

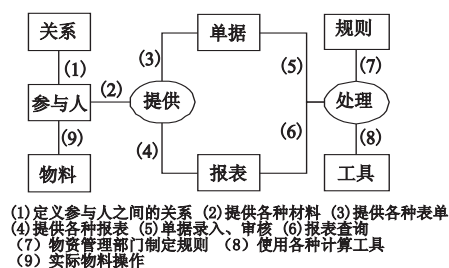


图2 物资管理领域概念抽象

### 2.3 基于描述逻辑的物资管理领域本体构建

物资管理本体体系结构如图3所示。根据问题领域中提取出来的概念类,结合描述逻辑的逻辑原语,对物资管理领域的概念类和关系类,及其属性、关系分配集作如下声明:

#### 1) 概念类和关系类的声明

参与人概念类可以声明为:〈参与人{(申请人),(审核人),(计划员),(保管员)}〉,申请人、审核人、计划员、保管员为参与人的子类。申请人可以派生出〈{(需求部门),(采购员),(领料员),(发票勾兑人员)}〉等子类,审核人可以派生出〈{(部门领导),(车间领导),(公司领导)}〉等子类。如果A是车间领导负责审核车间的领料申请,则可将其声明为概念类车间领导的实例〈车间领导(A)〉。

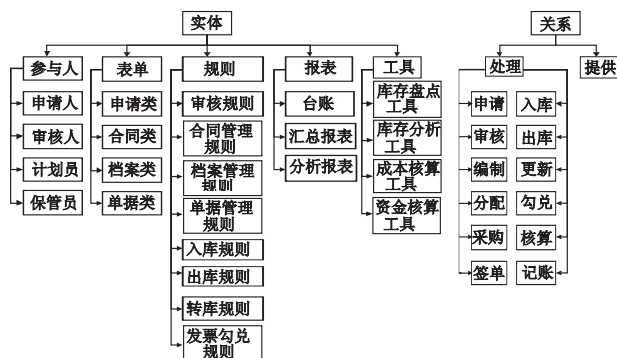


图3 物资管理领域本体体系结构

表单概念类可声明为:〈表单{(申请),(合同),(档案),(单据)}〉,申请类可派生出〈{(采购申请单),(入库申请单),(领料申请单),(调拨申请单),(转库申请单)}〉等子类,合同类可派生出采购合同等子类,档案类可派生出供应商档案等子类,单据类可派生出〈{(入库单),(发料单),(调拨单)}〉等子类。

规则概念类声明为:〈规则{(审核规则),(合同管理规则),(档案管理规则),(单据管理规则),(入库处理规则),(出库处理规则),(转库处理规则),(发票勾兑规则)}〉。

报表概念类可声明为:〈报表{(台账),(汇总表),(分析报表)}〉,台账类可派生出〈{(库存台账),(保管员台账)}〉等子类,汇总表类可派生出〈{(入库汇总表),(出库汇总表)}〉等子类,分析报表类可派生出〈{(库存分析表),(资金分析表)}〉等子类。

工具概念类可声明为:〈{(库存盘点工具),(库存分析工具),(成本核算工具),(资金分析工具)}〉。

处理关系类是概念类之间发生的关系,主要发生在参与人各子类之间。处理关系类可声明为:〈处理{(申请),(审核),(编制),(分配),(采购),(签单),(入库),(出库),(更新),(勾兑),(核算),(记账)}〉等处理。申请类可派生出〈{(采购申请),(入库申请),(领料申请),(调拨申请),(转库申请)}〉等子类;审核类可派生出〈{(采购申请审核),(入库申请审核),(领料申请审核),(发票勾兑审核)}〉等子类。

#### 2) 属性的声明

属性用于描述对象的某种性质或特征。每个概念类或关系类都具有相应的属性,且概念类或关系类实例的每一个属性必须具有一个值。子类除继承了基类的属性外,还能派生出新的属性。概念类也可声明为另一概念类的属性。由于篇幅限制,现仅以入库单为例进行说明,其属性可声明如下:〈{(入库

单.入库单编号^入库单.入库日期^入库单.订单编号^入库单.客户编号)}〉。

#### 3) 公理与工具

公理与工具的声明与概念类声明集中的工具概念类不同。工具概念类是物资管理系统根据自身特点及业务属性所定义的方法和工具;而公理与工具声明是物资管理所使用的、已被广泛采纳且具有一定标准的通用的公理和计算工具。

#### 4) 概念类之间的逻辑表示

通过对物资管理问题领域的分析,可以抽象出原子概念类。而在实际应用中,仅用原子概念类往往不足以表示所有问题,有时需对原子类之间进行逻辑连接以表示更为复杂的概念。以物资管理流程中领料申请审核的本体描述为例,说明概念类之间的逻辑表示。已知原子概念类和关系类声明为:领料员(material handler)、领料申请单(material requisition apply form)、部门领导(department leader)、领料申请审核规则(material requisition audit rule)以及提供(offer)、审核(material requisition audit)等关系类。其业务关系为:领料员(participant(applier(material handler)))向部门领导(participant(auditor(department leader)))提供(offer)领料申请单(form(apply form(material requisition apply form))),部门领导(participant(auditor(department leader)))使用领料申请审核规则(rule(audit rule(material requisition audit rule)))对领料申请进行审核(deal(audit(material requisition audit)))。

元数据中的原子概念类可总结为术语和关系的集合:〈(material handler, material requisition apply form, department leader, material requisition audit rule), (offer, material requisition audit)〉。

术语之间的关系可表示为:〈participant(applier(material handler)) A ∃. offer form(apply form(material requisition apply form)), participant(auditor(department leader)) B ∃. deal(audit(material requisition audit)) ∧ rule(audit rule(material requisition audit rule))〉。

#### 5) 本体间推理的描述

本体的一个重要特征就是推理。通过逻辑符号,可以表示本体元素间的推理。在物资管理本体中,概念类之间可以通过关系类相结合形成新的类来表示业务逻辑。如上文所述,物资管理问题领域中关系类处理中包含有审核关系类,具有审核领料申请、领料限额判断等逻辑功能。将领料申请审核关系声明为do material requisition apply,领料限额判断关系声明为do material requisition limit。领料申请do material requisition apply具有布尔类型的属性,审核通过则声明为is pass,审核未通过则声明为! is pass;领料限额判断关系需借助规则类中的领料申请审核规则,即material requisition apply audit rule class,领料限额判断关系可声明为do material requisition limit ∧ material requisition apply audit rule class. value(n),value表示领料限额判断的值,括号中的数值表示限额数。因此,对于领料申请的批复可声明为material requisition applier ∧ do material requisition apply. is pass ≡ {do material requisition limit ∧ material requisition apply audit rule class. value(≤N)},表示领料申请者如果获得领料申请通过需采购限额不超过N,N为该申请者的剩余预算

限额,申请者可以是个人或部门,也可以是某项工程。通过上式可以把概念类之间的逻辑关系转换成逻辑推理公式,可以通过逻辑推理运算,完成物资管理问题领域中的逻辑推理。

### 3 物资管理领域本体模型的应用

大型单件小批制造企业物资管理领域包括采购计划管理、采购管理、库存管理、资金管理及统计分析等功能。其中,库存管理包括领料管理、入库管理、物资余额管理及物资转库管理等模块。限于篇幅,仅以领料管理中的领料申请为例说明物资管理领域本体模型的构建过程及其在异构数据共享中的应用。

#### 3.1 领料申请本体模型

与领料申请信息模型相关的主要信息实体有:领料单信息、领料员信息、审核人信息、部门信息、工程信息、物资信息等。在对领料申请数据模型分析的基础上提取出领料管理信息模型的元数据,用 XMLSchema 描述如下:

```
<xsd: element name="领料单信息">
  <xsd: complexType>
    <xsd: sequence>
      <xsd: element name="开单日期" type="xsd:string"/>
      <xsd: element name="领料日期" type="xsd:string"/>
      <xsd: element name="领料员" type="xsd:string" maxOccurs="unbounded"/>
      <xsd: element name="审核人" type="xsd:string" maxOccurs="unbounded"/>
      <xsd: element name="部门" type="string"/>
      <xsd: element name="工程" type="string"/>
      <xsd: element name="物资名称" type="xsd:string" maxOccurs="unbounded"/>
    <xsd: sequence>
      <xsd: complexType>
        <xsd: sequence>
          <xsd: element name="编号" type="xsd:string"/>
          <xsd: element name="数量" type="short"/>
        <xsd: sequence>
          <xsd: complexType>
            </xsd:schema>
          
```

对所提取出的元数据进行抽象概括后可得到领料申请的本体模型,基于描述逻辑将此模型描述如下:

a) 概念类、关系类及属性的声明。领料申请中概念类和关系类的声明遵循物资管理领域本体模型概念类和关系类声明规则。

b) 概念类之间的逻辑表示。领料申请中术语之间的关系可表示为

$$\{ \text{participant}(\text{applier}(\text{material Handler})) \wedge \exists . \text{offer form}(\text{apply form}(\text{material requisition apply form})), \text{participant}(\text{auditor}(\text{department leader})) \wedge \exists . \text{deal}(\text{audit}(\text{material requisition audit})) \wedge \text{rule}(\text{audit rule}(\text{material requisition audit rule})) \}$$

c) 本体间推理的描述。对于领料申请的批复可声明为

$$\text{material requisition applier} \wedge \text{do material requisition apply. Is pass} \equiv \{ \text{do material requisition limit} \wedge \text{material requisition apply audit rule class. value}(\leq N) \}$$

#### 3.2 物资管理领域本体模型在数据共享中的应用

对国内某船舶修造有限公司的物资领料申请数据进行了收集和整理,对该企业不同部门物资领用申请情况进行了数据

分析。首先利用描述逻辑对领料申请的本体模型进行形式化描述,对领料申请所涉及的元数据进行形式化,构建有关领料申请的形式化元数据库。其次,提取出不同系统、不同数据库表中的语义相同的概念,并统计该企业3个月内由于数据异构所导致的领料申请异常事项。随后,将形式化的元数据库作为中间库,所有异构数据间的访问都通过该中间库进行,中间库将异构数据与形式化的元数据进行对应,将重复语义的数据根据形式化的元数据进行规范统一传输至终端用户。最后,统计应用本体模型后3个月内由于数据异构所导致的领料申请异常事项,并对应用领域本体前后的统计结果进行比较分析,比较结果如图4所示。

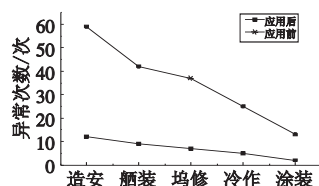


图4 本体模型应用前后各部门数据共享异常情况对比

在本文的实验中,数据来自该企业数据仓库6个月的领料申请数据。其中,仓库与生产部门采用不同系统,各部门数据采集表结构均不相同,取其中涉及领料申请较多的五个部门数据进行分析计算。实验结果表明,基于描述逻辑的物资领域本体模型能有效地降低企业因数据异构导致的信息共享异常,并通过形式化的元数据交互实现异构数据的共享。

### 4 结束语

通过以上对企业物资管理领域中元数据概念术语、术语属性、术语间关系的形式化描述实现了元数据的形式化,构建企业形式化的元数据库,继而通过形式化的元数据交互实现异构数据的共享。构建的物资管理领域本体模型具有一定的通用性,对物资管理领域信息系统平台的进一步细化设计与实现工作有一定的参考价值。构建的物资管理领域本体模型可重用于企业的其他主体领域,为企业业务信息的无歧义共享提供一种有效途径,进而提高企业信息管理系统的利用水平。

#### 参考文献:

- [1] RIFAIEH R, BENHARKAT N A. Query-based data warehousing tool [C]//Proc of the 5th ACM International Workshop on Data Warehousing and OLAP. New York: ACM Press, 2002:35-42.
- [2] 聂茹,李政伟. 基于本体和语义网络的空间元数据管理研究[J]. 计算机工程与设计, 2007,28(8):1979-1982.
- [3] 张宇,蒋东兴,刘启新. 基于元数据的异构数据集整合方案[J]. 清华大学学报:自然科学版, 2009,49(7):1037-1040.
- [4] 徐博艺,谢诚,蔡鸿明. 领域本体方法在数据仓库元数据管理中的应用研究[J]. 计算机应用研究, 2010,27(11):4162-4164.
- [5] 查祝华,张元杰,王立新. 1: 50000 数据库更新工程元数据设计与建库[J]. 地理信息世界, 2012(1):35-38.
- [6] 葛世伦,潘燕华. 大型单件小批制造企业信息模型[M]. 北京:科学出版社, 2006:10-27.
- [7] 曹发生,张维. 描述逻辑系统中 UENV 中概念的包含关系[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(30):43-45.
- [8] 范少锋,张乃孝,赵新宇. 基于描述逻辑的特征模型[J]. 计算机科学, 2007,34(1):21-25.