

机械设计专家系统中面向对象的知识 表达方法研究及应用*

许忠信

王先逵 雷田玉 蒲 建

(郑州工学院机械系 450002)

(清华大学精密仪器系 100083 北京)

摘 要: 面向对象的知识表达方法是一种新的知识表达方法, 它将规则、框架、过程等多种知识表达方法按面向对象的编程原则结合起来, 组成一种混合的知识表示形式。该方法既能实现符合推理, 又可进行数值计算, 能满足建造机械设计专家系统的需要。本文介绍了面向对象的知识表达方法的基本结构与特点, 以及在数控龙门铣变速箱结构设计专家系统中的应用。

关键词: 面向对象, 知识表达, 专家系统

中图分类号: TH122

1 引言

随着专家系统技术的研究发展, 越来越多的人意识到研究知识表示方法的重要性, 所谓知识表示是为描述物体或现象所作的一组约定, 是将知识转换为能为计算机接受和易于处理的一种表现形式。能否合理地表示和组织知识是关系到专家系统推理效率和问题求解能力的关键。迄今学者们已经提出了许多知识表达方法, 例如规则表达、关系表达、框架表达、语义网络表达、过程表达等等。

专家系统中知识表达方法的选取往往取决于领域专门知识的自然结构, 如果一个领域专门知识是基于经验的结合, 如诊断领域, 表层表达方法(规则)是可行而且适宜的。对于机械设计领域来说, 设计知识可分为静态知识和动态知识。静态知识主要指对象性知识, 是关于问题领域内事物的事实、关系等, 它包括事物的概念(如齿轮)、事物的分类(如直齿轮、斜齿轮、锥齿轮)、事物的描述(如齿轮结构的描述、参数的描述)等。动态知识是问题求解的知识, 它常常是一种过程, 说明怎样操纵已有的数据和静态知识以达到问题的求解。由此可见, 机械设计知识是多样化的, 在建立机械设计专家系统时, 要求既能表达领域对象的静态属性, 又要表达专家经验、判断决策等知识, 还要有较强的数值计算及过程控制能力, 显然单一的知识表达方式很难满足表达这些知识的要求, 寻求一种强大的知识表示方法来表达设计领域专家知识是建立机械设计专家系统要解决的首要问题。

面向对象的知识表达是一种新的知识表达方法, 它将多种单一的知识表达方法按照面向对象的程序设计原则组成一种混合知识表达形式, 符合专家对设计对象的认识模型, 具

* 国家863高技术计划资助项目, 项目编号: 863-511-03-0126

收稿日期: 1995-10-13

有其它知识表达方法所无法比拟的表达能力。

2 面向对象知识表达的基本结构与特点

面向对象的知识表达方法以领域对象为中心组织知识库系统结构。对象 (object) 是知识库的基本单元。面向对象方法中另一重要概念是对象类 (object class)。将具有相同结构、操作、并遵守相同约束规则的对象聚集成一组, 这组对象的抽象就称为对象类。对象类中的一个具体对象称为对象实例。每个对象类都定义了一组所谓“方法” (method), 它们实际上可视为允许作用于该类对象上的各种操作。对象类实现了数据与操作的封装。

以往的知识表达方法, 往往把表达对象的数据结构与处理对象数据的操作方法分离开来, 程序结构按照求解过程分解。而面向对象的知识库结构则将表达对象的数据与处理数据的操作作为一有机的整体。图 1 为零件对象类示意图。对于机械零件, 零件数据主要有: 形状数据、精度数据、材料数据、总体数据等。零件数据的操作方法有: 形状与结构设计、强度校核、工程图绘制等。

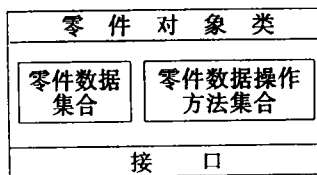


图 1 零件对象表示意图

在面向对象的知识表达中, 对象类和对象实例采用框架来描述。框架由分类关系定义段、属性槽、关系槽、规则槽、方法槽组成, 如图 2。属性槽和关系槽记录对象的静态信息 (数据), 规则槽、方法槽及其方法描述对象的动态知识 (操作方法)。

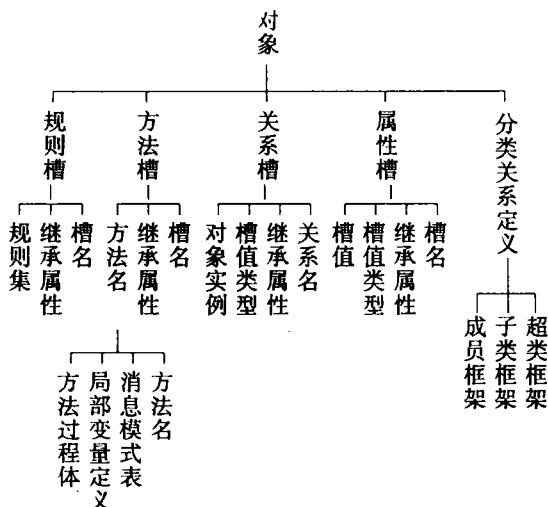


图 2 对象表达的基本结构

分类关系定义段表达了框架系统的超类—子类—成员关系, 这一表达使得框架系统形

成了类层次化结构。在这种层次化结构中, 子类或成员可以继承它的超类的全部或部分信息, 从而实现知识代码的复用, 方便知识库开发和维护。

属性槽是框架的主要组成部分, 它描述了设计对象的静态属性。例如对于表达齿轮的对象类, 可以建立如下属性槽, 齿轮类型、模数、齿数、节圆直径、齿宽、螺旋角、材料等。属性槽说明了槽值类型(如整型、实型、字符串型等)及其继承特性, 而具体的槽值在属性槽定义阶段大多数是未知的。

关系槽用于描述本对象与其他对象的静态关系, 如位置关系、装配关系、拓扑关系等。在关系槽中, 槽名代表相应的关系名, 而槽值通常就是另一对象。

规则槽用来存放产生式规则集。产生式规则按照所处理的对象不同进行分组, 分别以槽值的形式存放在规则槽中。规则的使用要借助规则推理机。

方法槽的值是一个方法。方法槽本身并不包含多少实质性内容, 它的作用是建立框架与其所附属的方法的联系。方法的定义独立于框架, 对象的动态知识主要由方法来描述。方法由方法名、消息模式表、及方法过程体等组成。方法名填在框架方法槽的槽值侧面。消息模式表定义方法被触发的模式。通过消息模式的匹配, 激活方法过程体的执行。方法过程体是整个方法具体实施过程的核心, 它类似于按照 C 或 Pascal 语言的语法写成的子程序, 它使方法具有了处理数值计算的能力。框架中的属性槽主要是通过方法过程体的执行被赋值的。

面向对象的知识表达方法具有面向对象设计方法的一切属性与特点, 符合人类认识问题的规律。它的主要特征为抽象性、封装性、继承性和多态性。

2.1 抽象性 广义上说抽象是对复杂的现实世界的简明表示。在面向对象的知识表达中, 对象类是实现了抽象的数据类型, 通过将对象类实例化, 可得到一个个具体设计对象的知识表达。

2.2 封装性 封装性是保证知识库具有模块化的基础。所谓封装是指每一对象类都有其明确的范围与边界。对象内的数据只有对象内定义的方法才能操作, 对象与对象之间只能靠消息的发送互相联系, 因此面向对象的知识表达方法具有对象间联系少、独立性强的特点。这一特点使得知识库的维护与修改变得方便易行。

2.3 继承性 继承性体现在类层次结构的共享机制中, 即在类层次结构中, 子类可以自动地继承超类的所有属性。如果类层次具有两层以上时, 这种继承还具有传递性, 即最低层的子类可自动地继承其超类、超类的超类、乃至最顶层超类的全部属性。这一特性提高了知识的重复利用率, 减少了知识库中的知识冗余度。

2.4 多态性 多态性使得类中的操作可在不同时间内保存、取用以及返回不同的类型值, 也就是相同的操作可作用于多种类型的对象上并获得不同的结果。

正是由于以上特点, 使得面向对象的知识表达方法具有其它表达方法所无法比拟的表达能力。

3 面向对象知识表达的应用

产品的结构设计在机械设计中占有很重要的地位, 然而, 由于结构设计的复杂性、随意性, 人们对其规律性的研究和总结还很不够, 致使结构设计质量在很大程度上依赖于设

计者的个人经验, 产品设计周期长, 效益差。结构设计及其绘图工作是在整个设计过程中花费时间最多的一项工作, 是缩短产品设计周期的关键。为此, 我们结合国家 863 高技术课题的研究工作, 在清华大学 CIMS 开发环境下, 用专家系统开发工具 DEST 开发了数控龙门铣变速箱结构设计专家系统 (GBSDES)。系统采用面向对象的知识表达方法。对于设计对象的静态知识, 我们采用了分解和分类两种处理方法。对于设计对象的动态知识, 采用方法和规则集进行表达。

3.1 设计对象的分解表达

分解表达就是将复杂对象进行分解使之由简单对象组成。这种分解关系是一种层次结构, 对数控龙门铣变速箱来说, 变速箱是由多个轴系组装而成, 单个轴系可以看成是一个独立的系统对象。轴系一般由轴、齿轮、轴承、套筒以及轴上其它零件组成, 这些零件是轴系对象的原子对象变速箱的结构分解树如图 3。

分解表达是通过属性槽实现的。复杂对象的槽以子结构对象作为它的值。整个设计知识库按照分解关系构成系统化的组织结构。通过这种分解表达可以实现复杂大系统的细化。对于变速箱结构设计必须涉及到具体的零件结构, 所以一直分解到单个零件。分解后的单个零件可以作为一个对象类或一类实例, 这些对象类或类实例是最基本的模块, 互相是独立的。分解表达使设计知识结构化, 便于整个系统的维护。

3.2 设计对象的分类表达

对象的分类表达就是把结构相似或特征相同的对象归为一个对象类, 这些对象类按照分类关系组成一种层次结构。图 4 是齿轮对象类的分类树, 这里齿轮对象类是键联接齿轮、轴齿轮、空套齿轮等的超类, 键联接齿轮又是单柄、双柄、无柄键联接齿轮的超类。

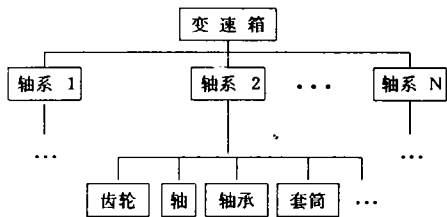


图 3 变速箱结构分解树

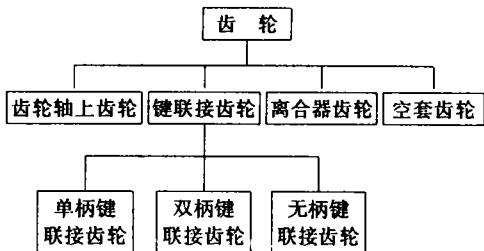


图 4 齿轮对象分类树

在面向对象的知识表达中, 超类的知识可以被它的子类所共享, 因此在建立子类对象的过程中, 只需表达它的特殊属性结构和处理知识, 而共有属性可以直接从超类中继承下来。对于齿轮对象类, 在超类齿轮中描述齿轮类对象的共性, 如模数、齿数、齿顶圆、齿根圆、分度圆等; 在子类对象键联接齿轮中只需描述键槽的特征和齿轮与轴的配合尺寸等; 而在键联接齿轮的子类单柄键联接齿轮类中, 只需描述单柄的结构特征。继承提供了面向对象知识库的知识复用能力。这一能力不仅减少了知识表达的冗余度, 而且大大缩短了专家系统开发周期, 下面是应用面向对象的知识表达方法来表达齿轮对象类的部分结构尺寸特征的例子。

GLOBE

齿轮: 齿轮结构;

键联接齿轮: 键联接齿轮结构;

轴齿轮: 轴齿轮结构;

离合器齿轮: 离合器齿轮结构;

空套齿轮: 空套齿轮结构;

END

UNIT: 齿轮结构 IN 变速箱知识库;

SUBCLASS: 键联接齿轮结构, 轴齿轮结构, 离合器齿轮结构; 空套齿轮结构;

Memberslot: 模数 from 齿轮结构;

Memberslot: 齿数 from 齿轮结构;

Inheritance: override;

Inheritance: override;

Valueclass: real;

Valueclass: integer;

Values: unknown;

Values: unknown;

End slot;

End slot;

.....

End UNIT;

UNIT: 键联接齿轮结构 IN 变速箱知识库;

SUPERCLASS: 齿轮结构;

Memberslot: 键槽特征 from 键联接齿轮结构;

Inheritance: override;

Valueclass: UNIT;

Values: 键槽结构;

End slot;

.....End UNIT;

3.3 设计对象的动态知识表达

以上两种表达仅是对设计对象静态属性的抽象描述, 在此阶段, 对象各属性的值通常是未知的。属性值的求取是通过对设计对象动态知识的描述和运用来实现的。在面向对象的知识表达中, 设计对象的动态知识是用方法和规则来描述的。

在数控龙门铣变速箱结构设计专家系统中, 具有良好数学模型和过程性的知识, 如齿轮的几何计算、强度计算、轴承的寿命校核等, 采用过程描述语言表达在方法体中。对于元知识、零部件的选型知识、领域专家的经验性知识等, 可采用产生式规则进行表达。产生式规则按照它们所完成任务不同以及所服务的对象不同进行分组, 多个规则组成一个规则集, 每个规则集作为一个值存放在对象框架的规则槽中, 规则集的使用通过在方法体中调用规则推理机 (REASON 函数) 来完成。由于整个知识库规则的分组, 每个规则集的规模不会很大, 推理机的搜索空间小, 从而大大提高了推理效率, 并相应降低了对规则

推理机的要求。

4 结束语

以上讨论了面向对象的知识表达方法, 通过在数控龙门铣变速箱结构设计专家系统中的实际应用, 我们认为面向对象的知识表达具有以下几方面的优点:

(1) 面向对象的知识表达方式符合人类认识问题与解决问题的习惯, 因此表达的知识易于被人们理解和接受。

(2) 面向对象的知识表达方法可以表达极其复杂的对象, 表达的知识模块化强, 便于分层实现。采用层次加工并利用类的继承属性, 减少了知识的冗余。

(3) 采用面向对象的表达方式建立的知识库具有良好的组织结构, 便于维护与扩充。

因此, 可以说面向对象的知识表达方法在机械设计专家系统中的应用前景是广泛的。

参 考 文 献

- 1 S.Akagi, K.Fujita, Building an expert system for engineering design based on the object-oriented knowledge representation concept, Journal of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design, Vol.112, No.2, Jun 1990, 215-222
- 2 X.Chen, et al, Object-oriented knowledge representation method, Applications of Artificial Intelligence in Engineering 1994, Computational Mechanics Publ, Southampton, 257-264
- 3 舒宜强等, 面向对象的专家系统工具EDST1.0使用手册, 华中理工大学CAD中心, 1990.10
- 4 何新贵编著, 知识处理与专家系统, 国防工业出版社, 1990.9

Study on the Object-Oriented Knowledge Representing Method and Its Application in Mechanical Design Expert System

Xu Zhongxin Wang Xiankui Lei Tianyu Pu Jian

Abstract: The object-oriented knowledge representation (OOKR) is a new knowledge representing method. According to the principle of object-oriented programming, the method combines rule, frame and process representation to form an hybrid knowledge representing way. It provides both symbolic reasoning and numerical calculation function. The OCR can meet the need of building the mechanical design expert system. This paper presents the basic structure and characteristics of OCR and its application to the structural design expert system for gear box of CNN planemilling machine.

Keywords: object-oriented, knowledge representation, expert system