

含元知识的专家系统的研究与设计

吴顺祥

(厦门大学自动化系, 厦门 361005)

E-mail: wsx1009@public.xm.fj.cn

摘要 该文在分析机械设计领域知识的特点的基础之上, 提出了机械设计领域知识的表示模式以及含有元知识的二级推理模型和冲突消解策略。

关键词 专家系统 推理机 冲突消解

文章编号 1002-8331-200209-0242-03 文献标识码 A 中图分类号 TP391.72

The Research and Design of the Expert System Containing Meta-knowledge

Wu Shunxiang

(Automatic Dept., Xiamen University, Xiamen 361005)

Abstract: Basing on analysing the knowledge of machanic design, the article proposes the expression model of meta-knowledge in the field two-level inferring model and the strategy of the conflict-settling.

Keywords: expert system, infer, conflict-settling

1 引言

机械设计属于工程设计, 是一种创造性的活动。在机械产品设计过程中, 除了理论分析和计算外, 还需处理其它非数值的、经验性的问题。现阶段 CAD 技术虽然在数据处理、分析和绘图方面取得了满意的进展, 但对于决策性问题却显得无能为力, 而专家系统正可弥补这方面的不足。将专家系统技术引入机械 CAD 形成智能 CAD, 已成为提高产品设计质量和效率的一种的有效途径, 这将提高 CAD 技术应用的层次和范围, 并使 CAD 技术更趋完善。为此文章在分析机械设计领域的知识的特点的基础之上, 提出了机械设计领域知识的表示模式以及含有元知识的二级推理模型和冲突消解策略。

2 MDES 的组成

综合数据库: 用来存放当前求解任务的求解数据, 如用户的初始化数据、中间结果和最终目标。系统从综合数据库的初始状态出发, 通过分析、匹配综合数据库的数据, 得出新的数据或执行相应的结论, 对综合数据库进行扩充、修改, 逐步求出问题的解。综合数据库是各子任务间进行数据交流、通讯和控制的纽带和桥梁。

知识获取系统: 用于知识的获取和知识库的管理和维护。

目标知识库: 将目标领域的知识以层次结构的形式, 将各个子任务的知识存放在不同层次的子知识库中, 当前求解任务的知识库称为当前知识库, 其中产生式规则表示采用 HORN 子句的表示形式。

元级知识库: 用来存放目标领域内的元知识, 如完整性约束知识、任务规划、规则的优先调度知识等, 以指导元级推理机和冲突消解。

元级推理机: 用元级知识库的知识指导目标推理机的推理过程。

模式匹配器、日程表、调度程序与执行机构构成了目标推理机。

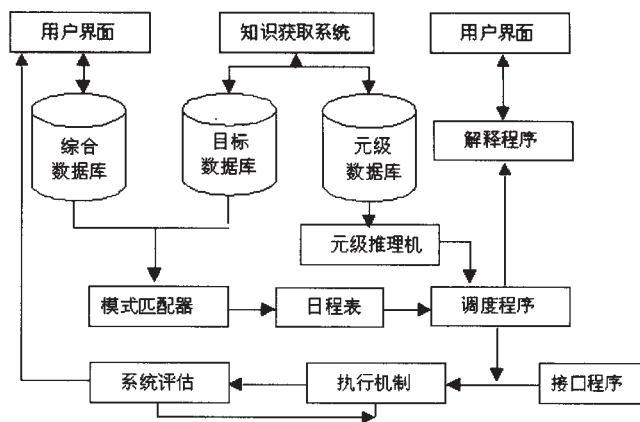


图 1

系统评估: 由于设计的多解性导致多方案的出现, 从而要求对方案进行评价择优、选择最佳方案。

解释程序: 用来推理的过程, 如 WHY, HOW 等。

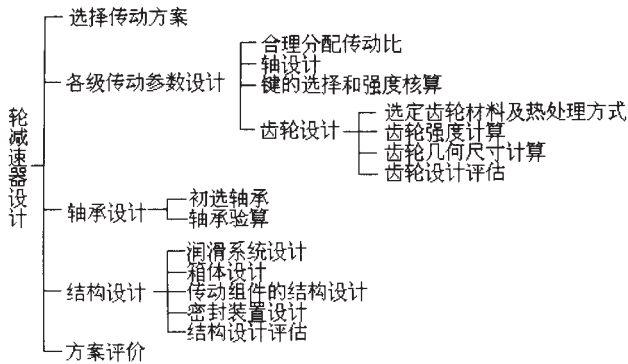
接口程序: 用于与外部软件包的数据交流与调度, 如参数查找、有限元分析、图形绘制与优化程序等。

3 推理机的结构与实现

3.1 控制结构

由于机械产品设计是复杂而统一的整体, 具有很强的部件独立性, 每个部件的设计称为一个任务。机械产品设计任务通常可以逐步划分为一系列相对独立的不同层次上的子任务来描述。种类繁多的设计知识是由一个个处于不同层次上的相对

独立的知识模块组织起来的有机体。如齿轮减速器的设计任务具有如下的层次结构：



该文用如下的层次控制结构模型来描述、组织、获取和管理机械设计领域的知识。对每个设计子任务的问题求解称为目标推理；若该设计任务需调用其子任务来进行问题求解，其子任务的问题求解称为次级推理（即子目标推理），而利用有关设计任务知识进行问题调度、控制与评估则称为元级推理。该层次结构模型是目标推理进程的调度依据，是关于设计任务的元知识。

知识库的控制结构具体描述如下：

(设计任务名<当前任务名>)(从属于<设计任务名>)
(承前<value>)(启后<value>)(父任务<VALUE>)(子任务<VALUE>)

(推理类型 F/B/NIL)(激活条件<COND1>...<CONDn>)

(子任务规划<META_RULE1>...<META_RULEn>)

(子知识库名<KB_NAME>)(完整性约束规则<IC1>...<ICk>)

(激活记簿<输入><输出>)

其中，完整性约束规则库用来存放已获取的关于该设计任务的完整性约束规则知识。

子知识库<KB_NAME>用来存放该设计子任务的有关设计知识，以外部文件的形式存放。知识库采用规则、框架和三元组的混合知识表示。规则主要用来表示领域专家的启发式知识；框架用来表示领域的一些图形、曲线与数表等数据；三元组用来表示规则的前件和后件。

如齿轮设计任务可表示如下：

(设计任务名<齿轮设计>)(从属于<减速器设计任务>)

(承前<轴设计>)(启后<NIL>)(父任务<各级传动参数设计>)

(子任务<选定齿轮材料及热处理方式><齿轮强度计算><齿轮几何尺寸计算><齿轮设计评估>)

(推理类型 F)(激活条件<传动功率 P><主动齿轮转速 n1><传动比 i><齿宽系数>等已知)

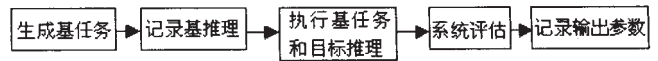
(子任务规划 (R1 if 传动比 i 未知 then 先求解选定齿轮材料及热处理方式子任务)...)

(子知识库名<GEAR.KB>)(完整性约束规则<IC1>...<ICk>)(激活记簿<输入><输出>)

上述形式的控制结构的集合实际上是按照任务的从属关系和知识语义聚集组成的一个关联的树结构模型，所有具有这种结构的结点集合组成了一颗任务求解的有序树。其中环境指针实际上列出了上、下、左、右设计任务，这实际上相当于给出了一个元级推理链，从而有利于知识的组织、管理并加快了推理速度。

3.2 推理机的设计

目标推理机的工作流程如下：



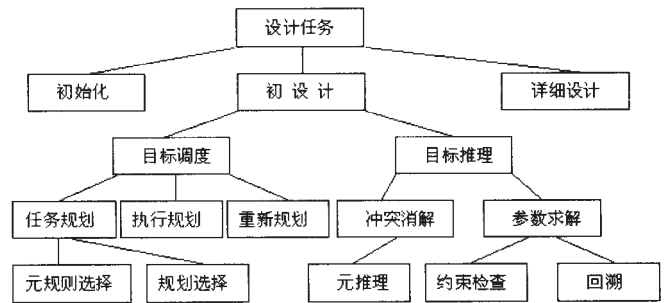
基任务的生成过程：在推理过程中当本设计子任务的激活条件槽中的所有条件满足时，将综合数据库中对应的当前参数实际值，记录到激活记簿的<输入>槽中，以便对本次基任务的推理结果进行评估。

记录基推理：是将推理结果、选用的规划及按照一定的冲突消解策略选取的规则以一定的结构存储到解释数据库中。

执行基任务：根据任务类型的不同而不同。任务可分为两类：一是目标子任务，进行目标推理。这类任务的执行是通过调用本设计任务的子知识库按照推理类型槽中的<推理类型>进行目标推理完成；二是非目标子任务，进行次级推理。它的执行是通过使用关于任务层次划分的元级知识递归调用其子任务进行问题求解。

系统评估是对推理的结果进行评估，如：检查约束、满意度等。

非目标子任务是通过元级推理机根据本设计任务的知识库进行推理或根据任务规划槽中的任务规划，调用其子设计任务而完成的。任务间的相互调用关系可用如下与或树进行描述：



在产品设计时，先要收集用户对产品的设计要求，然后进行产品的初设计和详细设计。

在初设计时，估计总体设计参数，形成原型方案，使设计的方案满足约束条件。当求解的设计任务为非目标任务时，调用任务规划槽的任务规划进行目标子任务的调度来完成；当求解任务为目标任务时，调用目标推理。每设计完一个子目标时，需检查相关约束条件。当约束条件满足时，才进入下一个子任务的设计。

详细设计阶段，在原型方案的基础之上，进一步确定其他参数及所有约束条件，并对设计结果进行评价、优化。当所有设计子任务都完成时，需检查设计目标所需确定的参量是否完全确定，若存在不确定的参数，则表明知识不完全、不合理或初始条件不完全，这时，停止设计，寻找出现这种情况的原因，或通过修改设计知识，或增加新的知识使设计能继续下去。

设计过程由于关系复杂，主要进行试探性设计，对方案需要不断设计-检验-重设计。

例如：在元级推理过程调用齿轮设计任务时，需要提供<传动功率 P>、<主动齿轮转速 n1>、<传动比 i>、<齿宽系数>等参数时，才激活该设计子任务，并记录本次执行时的参数实际值，然后根据当前参数值，生成齿轮设计例化任务，进行齿轮例化任务的求解。由于齿轮设计任务又可划分为几个子任务的设计过程，因此元级推理机根据子任务规划槽中的任务规划元规则，调用选定齿轮材料及热处理方式子任务进行该例化任务的目标级推理，调用该子任务的知识库中的知识求解满足约束条件的材料和热处理方式等参数，保存满足约束条件的计算结

果,然后进行齿轮强度的计算等。

在齿轮减器的设计过程中元级推理主要是对其进行任务调度,对激活的任务进行目标推理,并按照元知识库的元知识和一定的控制策略进行规则冲突消解,有效地引导推理设计过程,提高了机械产品设计的灵活性和效率。在推理时记录每个例化任务的推理过程和结果,以便于用于解释。

4 冲突消解策略

在目标推理时,可能存在多条规则被激活,若同时有两条以上的可用规则称为竞选规则,则系统必须从中选择一条规则来执行,冲突消解策略即在执行冲突消解过程时选择执行规则所依据的原则。冲突消解策略按照是否利用问题的启发信息而划分为两类:盲目性冲突消解策略和启发式冲突消解策略。在实际系统的设计中,必须权衡规则的应用费用和冲突消解的控制费用。因此在系统设计时,应根据具体情况选择适用于具体应用领域的冲突消解策略,以提高系统的性能。冲突消解策略有很多,如堆栈方法、队列方法、选择前提条件最复杂的规则的方法、选择可信度最大的规则的方法等。该文采用如下所述的冲突消解方法。

(1) 首先用元知识对日程表中的规则进行规则选择或对规则进行剪枝处理。元推理执行匹配-动作的循环反复过程。在元推理的匹配过程中,系统会自动对前提条件中具有 is-a 关系的条件进行匹配。

(2) 由于知识库中的规则既是相互独立的,又是相互关联的:一条规则的结论可能是另一条规则的前提条件;而一条规则的行为的执行,很可能引起另一条规则的激活或释放。因此若元知识不能对日程表中的规则进行调度,则按照规则之间的依赖关系进行冲突消解。

首先定义两条规则 R_i, R_j 之间的依赖关系如下:如果 R_j 的前提成立需要 R_i 的结论的直接或间接支持,则称 R_j 直接或间接依赖于 R_i ;否则称 R_j 与 R_i 相互独立。

这种依赖关系具有传递性。

如果日程表中存在循环依赖关系,则按照前提条件最复杂的规则优先执行的原则或按照堆栈方法选取规则;否则按照依赖关系选取规则,如冲突集中, R_j 依赖 R_i , 则优先选择 R_j 优先执行,这种冲突消解方法更具针对性,执行效率更高,并且易于实现。

(上接 214 页)

旅客的各种可行路线、航班的选择提供决策信息,对各种方案进行评估,使航班集合的收益最优。

(3) 计算出所有可能航班团体应付的最低票价。

(4) 对团体的订座、订座取消、出票、成行率等等进行追踪管理。

3.6 报告分析子系统

报告分析子系统用清晰明了的图表、数据为市场营销、定价、代理人管理、航班调整等管理活动提供决策支持信息,并为高层管理人员提供反映公司航线、航班经营状况和市场竞争态势等相关信息的分析报告。包括市场需求分析报告、销售状况分析报告、代理人业绩分析报告、定价效果评估报告和航空公司实际管理中所需要的其他报告。

4 结束语

收益管理是一个应用性课题,同时也是一个边缘研究课

5 可信度的传递

(1) 由于产生式规则采用如下的 HORN 子句的表示形式:

$$P1 \wedge P2 \wedge \dots \wedge Pm \rightarrow A \quad CF_n$$

CF_n 为规则的可信度 P_i 可信度为 CF_i 。

那么 A 的可信度为: $CF_a = CF_n \times \min(CF_1, CF_2, \dots, CF_m)$

(2) 若多条规则推出同一结论 A , 则按照上述算法得到两条规则的可信度 CF_1, CF_2 ,

将 CF_a 的可信度修正为: $CF_a = CF_1 + CF_2 - CF_1 \times CF_2$

设计时往往使用的规则较多,推理链路很长, CF 值衰减得很快,以致丢失有用的信息,为此在每个目标节点调度完后按一定的策略同步修正各规则的可信度。

6 结束语

该文根据机械设计的具体特点,提出了层次结构和混合知识表示模式,采用元知识和多种控制策略,并将元知识显示表达,有效地提高了机械产品设计的灵活性和效率,并使推理易于修改、扩充,同时也有助于进行分层解释器的实现,提高系统的可信度。(收稿日期:2001年3月)

参考文献

1. 吴顺祥等. 多媒体农业专家咨询系统的研究与实现[J]. 系统工程理论与实践, 2001; (4)
2. 李明, 蔡经球, 吴顺祥. 关于农业专家咨询系统及其开发平台的若干探讨[J]. 模式识别与人工智能, 1999; (12) 增刊
3. 吴顺祥. 面向机械设计的知识组织方法[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1995, 34(3): 339~343
4. 吴顺祥. 数据库系统与知识库系统的对比分析[J]. 计算机工程与应用, 1999, 35(9): 83~85
5. Ras Z W. Cooperative knowledge-based systems[J]. Intelligent Automation and Soft Computing, 1996, 2(2): 193~202
6. Hodson R F, Qbraham Kandel. Real-time Expert Systems Computer Architecture[M]. CRC Press, 1991
7. Bruce G Buchanan, Edward H Shortliffe. Rule-Based Expert System[M]. Addison-Wesley Pub Co, 1984
8. Brown D C, Chandrasakran B. Knowledge and Control for a Mechanical Design Expert System[J]. IEEE Computer, 1986
9. 吴泉源, 刘江宁. 人工智能与专家系统[M]. 国防科技大学出版社, 1995

题,它结合了市场营销学、数学规划、经济学、运筹学、决策学等多学科的理论和方法,对增加航空公司收入、增强企业的竞争力有无可替代的巨大作用。我国对收益管理的研究与应用也只是在近几年才开展,对收益管理比较系统的研究还很薄弱。但随着国民经济的发展,航空、铁路等运输业对收益管理的需求已经迫在眉睫,特别是作为一向走在收益管理研究与应用前列的航空运输业,已经开始了这方面的应用实践和系统尝试。

(收稿日期:2001年6月)

参考文献

1. UNITED AIRLINES Amit Khandelwal. United Airlines Revenue Management
2. PETER PAUL BELOBABA. AIR TRAVEL DEMAND AND AIRLINE SEAT INVENTORY MANAGEMENT.
3. 杨思梁. 航空公司收益管理的发展与重要性[J]. 民航经济与技术, 1998; (10)
4. 葛祥云. 智能决策支持系统[M]. 电子工业出版社, 2001