

工程设计类专家系统的特征

施 欣 (上海海运学院水运管理系)

摘 要

目前,在专家系统研究开发领域里,人们对工程设计类专家系统的基本构造、特点和研究方式等问题众说纷纭,各执一词。本文无意加入各种观点的论争,只想就工程设计类专家系统的特点提出一些看法;从工程设计类专家系统应该具备的几个基本特征(即:多专家系统及相应支持模块的集成、设计类专家系统图形处理功能的实现特点、工程设计专家思维过程方式、专家系统与数据库系统的有机结合等)出发,对工程设计类专家系统进行了较为详细的分析并针对其中存在的问题提出了相应的处理方法。

自1978年卡内基-梅隆大学开始研制高楼设计专家系统HIRIESE以来,人们开始进入工程设计型专家系统的研究开发这一领域。至今已十几年过去了,目前的现状是:期望中隐藏着危机,热浪中潜伏着寒流,人们对工程设计类专家系统的基本构造、特点和研究方式等众说纷纭,各执一词。这里,我们无意加入各种观点的论争,只想就工程设计类专家系统应具备的几个基本特征作一探讨。

一、多专家系统及相应支持模块的集成

专家系统用来解决一个设计问题,必须兼有顾问、评价和设计等多种作用,即同时包含分析、综合和优化功能。另外,设计问题也不仅仅是专家经验的结晶,它同时还遵循一些设计规范、设计理论的要求,而这些规范理论在计算机上是可以通过算法过程来实现的。对此我们认为:要通过计算机来实现设计问题的自动化、智能化,决非单个领域的知识所能解决的,也决非单纯的专家知识所能支持完成的。因此设计类专家系统应是多专家系统及相应支持模块的集成。作为这样一个高于单领域专家的知识库及相应的支持模块的系统,其主体依旧应该是从属于专家系统的范畴,但它的知识组织等必须是多领域的,其功能也应是多方面的,这样的系统应该提供以下一些功能:

- (1) 为用户提供多种知识表示方式;
- (2) 多种推理机制的串、并行执行;
- (3) 多专家系统及相应模块的独立与合作;
- (4) 能够实现设计中所需要的计算、绘图、数据支持等功能。

为此,我们提出下列一个假想的大型通用的设计型专家系统的概念模式:

用户	
元级控制与调度	知识库及推理机制调度控制智能模块
知识制导处理	方案确定ES、方案评价ES、绘图ES……
数据与信息处理	信息处理程序、图象处理程序、算法程序
共享信息	原始数据库

图1 大型通用设计知识库系统的假想概念模式

上述系统结构中,知识库及推理机制调度控制智能模块将针对具体问题来决定调用何种领域知识,采取何种推理方式等等,“特殊领域专家”系统在运行中则得到下一层次的信息处理程序、图形处理程序、算法程序等的支持,而后三者又可从数据库中获取大

量信息。这里我们准备着重明确以下几点:

(1) 知识库及推理机制调度控制智能模块实质上也是一个专家系统,只不过其存储的知识是比较高层次的知识,即是关于知识(元级知识)。它决定着实际设计过程中各种专业知识的调用和组合等。

(2) 在知识制导处理这一层中,从逻辑形式上看,各个专家系统自成一体,有各自的语义表示、推理策略等专门技术。但在物理结构层次上,如果每个专家都拥有自己独立的知识库和推理机的话,即在一个统一的知识库管理系统管理下,知识按领域分布存储,形成多个知识源及相应的推理机制,从而形成一个分布式系统。这虽然能解决“单一式”知识组织方式在知识量较大时,知识操作效率低的问题,并实现了“多专家系统共享”问题和部分结果的松散协作,但知识源组织呆板、冗余大,共享性差。为此,我们提出在物理结构层次上将各个特殊领域专家系统的知识库和推理机相对独立分开,并进行有效的精炼,以形成若干独立的知识库单元和推理机单元(各知识库与推理机相对独立)。在系统实际运行中,由上一层次的调度控制智能模块根据元级知识(包括领域知识和知识库、推理机的抽取组合原则等)从知识库单元集合和推理机单元集合中抽取相应的个体单元或若干单元的组合以动态地生成某特殊领域专家系统实体,即将抽取组合后生成的动态知识库推理机结合在一起。这里我们认为:采用上述方式是能够比较好地解决共享、消除冗余等问题。

(3) 工程设计专家系统有别于其它类型的专家系统,它涉及大量的计算问题,而这些问题大都具有过程性的特点。为此,在假想模式中,我们设想了算法程序模块。我们认为:关于研究这方面问题的关键在于如何解决好与知识制导处理层次的接口问题。

(4) 在工程设计过程中,各类工程图纸的绘制占有相当重要的地位。因此,在工程设计类专家系统的研究开发中,必须重视绘图

功能的自动化和智能化。关于这一问题,我们在下面将进行较为详细的探讨。

二、设计类专家系统中图形处理程序模块实现特点

我们认为:具有智能化自动绘图功能的工程设计类专家系统,实质上是专家系统与Auto CAD系统相互作用的产物,其所面临的处理对象既有图形实体,又有非图形属性。虽然这类专家系统尚在探索研究之中,但我们预测在未来的工程设计专家系统的研究中它将发挥重要的作用。目前在系统的开发实现中,似乎应对下列问题展开研究:

1. 非图形属性与图形对象的联系方式

在具有智能绘图自动化功能的工程设计型专家系统中,非图形属性的求取及图形对象的处理是必不可少的两个部分,将两者有机地联系在一起的方法有以下两种:

(1) 非图形属性的求解模块与图形处理模块的集成,这种方法是使两者相互渗透,使得系统在对非图形属性的求解过程中,直接存放和执行各种绘图命令。

(2) 非图形属性的求解模块与图形处理模块以接口方式连接。这种方式在非图形属性的求解模块和图形处理模块之间插入一个接口,完成两者之间的数据传递。实质上在这种思想的指导下,整个系统可以划分为一个绘图设计参数求取专家系统和一个计算机辅助绘图设计系统。依据目前这两方面的研究成果,只要能够解决两子系统之间的数据传递问题,则具有智能的绘图自动化功能的工程设计型专家系统即可开发应用。

上述两种方法各有利弊,前者效率较高,性能也好,但实现不易,而且成本高;后者概念清晰,结构简单,易于实现,经济合算,但效率较差。

2. 非图形属性求取模块与图形处理模块之间数据的双向传递

我们认为:在设计绘图的实际过程中,既需要进行各种图形的绘制和组合装配,也需要求解一些图形绘制参数,两者是互不可

分的,前者是后者的基础,而后者则是前者的目标。目前,在一些计算机自动绘图系统中,都实现了由前者模块向后者模块传递有关数据的功能,但实际设计工作中,人们往往还需要根据已经完成的局部图形的情况要求获取一些新参数,甚至还要修改一些旧参数,即要求图形处理模块需向非图形属性求取模块传递信息。这个问题虽然看似比较简单,但实现起来并非易事,因为它涉及系统要能自动识图、自动依据专家经验作出某些决策以指导非图形属性求取模块的运行处理,这需结合众多领域的技术,如何将诸领域的问题有机地结合在一起,是值得我们研究探讨的。

三、工程设计专家思维方式的特点

工程设计专家系统的研究发展至今,人们对于工程设计的思维决策过程,特别是对于发生在人脑内部的设计方案生成过程还很不了解。这里我们认为:工程设计专家的思维方式至少具有下列几点特征:

- (1) 思维过程的非单调性;
- (2) 模糊性思维;
- (3) 创造性思维;
- (4) 形象思维与逻辑思维的结合。

对于上述诸多思维方式,一些逻辑学家们似乎以AI的方法论的唯一代表自居,拘泥于“不管怎样说也还是一阶谓词演算”的框框内。于是,理论上诸多推理模式接连推出,以求反映人类思维的模糊性、非单调性、时态性等等,但实际上似乎离实际应用越来越远,某种意义上甚至已经脱离了AI的根本目的。因为,AI的目的很明确,所谓机器求解并没有限制它必须用什么方法,也没有人限制必须在什么机器上支持其运行,唯一的事情是怎样高质量、高效率地解决问题。为此,对于工程设计专家思维方式的探讨,似乎也应立足于实用这一基点而展开。这里我们就工程设计专家思维方式的研究简单地谈及一二。

1. 非单调性思维

• 72 •

由于设计型专家系统所处理的设计问题是一个统一的整体,各局部方案的选择和因素的确定不仅受到来自外部的约束影响,而且各局部方案以及因素之间也存在着很强的制约关系,有的甚至是相互制约和交叉制约的。因此,在进行每一步设计时,试图在影响该步设计的所有制约前提都已被确定以后再去该步设计有时是不可能的。在某些情况下,似合理的试探与撤销坏的试探而返回原设计决策点的能力的结合可能是求解一个问题的最为有效的方法。为此,我们提出以下采用尝试-修改设计的非单调性思维方式,具体过程如下:

(1) 使用适当的方法对某一个因素或方案提出一个似合理的试探选择,并把它和已确定的其它局部方案及因素结合在一起,构成一个扩展的规划(局部提供解)。

(2) 识别与新提议的因素或方案有关的约束或目标。

(3) 比较被考虑因素或方案与约束值(或目标)的差异。

(4) 如果约束被违犯或目标没有得到比较满意的实现,那么确定可通过什么方法去补救这一违犯。

(5) 选择代价最低的修正或修正的结合去补救。

(6) 做出这种修正改变并且删除与修正前的试探有关的任何已提供的决策值。

(7) 返回到(1),直到一个完整的设计完成。

2. 模糊性思维

在工程设计过程中,人类专家所使用的知识及处理的信息往往是不精确的,也是不完备的。因此,专家思维的模糊性问题必须得到重视。目前国内外学术界对模糊性思维的研究很热,有基于模糊学理论的模糊推理模式;也有依靠行为科学实证支持的方法等等。这里我们不想对各种模式妄加评论,只是认为:我们所提出的模糊思维模式无论是基于何种理论,首先应该是准确实用。为

此,我们提出如下模式:即在精确推理的基础上通过一系列指标来对一些模糊现象予以描述,并通过指标间的运算来完成模糊思维的过程。例如,某产生式规则:IF A THEN B,我们通过制定前提的可信度、符合度、可靠度、规则的可信度、符合度、可靠度、结论的可信度、符合度、可靠度等指标来反映模糊现象,同时对各指标的具体计算及指标间的相互关系作出约定,以便在实际推理过程中,可通过前提和规则的一系列指标推出描述结论模糊性的指标。

3. 创造性思维

人们在评价某一工程设计方案的优劣时,时常以方案是否具有独到之处作为评估依据之一,这里方案的独到之处就是指别的类似工程设计方案所不具备的,亦非模仿别的方案而得来的工程特性。对此,我们认为这就是工程设计的发明创造。至于发明创造的具体内涵和外延的探究,则是属于语言逻辑学家的任务,我们不想对此作过多的讨论,我们只是认为工程设计专家的创造性思维似乎应该以上述方式来描述。

目前,设计类专家系统的目标就是要研制开发一种能够替代并且超过人类设计专家水平的机器系统,这势必涉及到专家的创造性思维的研究,用知识工程术语来描述,这应是属于外延型知识工程领域的研究范畴。依据当今知识工程界对外延型知识的研究现状,这方面不论从理论到实践都距离要求很远。以已发展得比较成熟的若干外延性知识库系统为例可以发现:Bacon系列知识库系统虽提出了分层描述升级发现模型,但令人失望的是其并未能真正作出令人信服的有关20世纪的任何机器“再发现”;AM系统的能力则令人感到可疑的是它的启发式很多,实际上其中隐含了其可能“发明,创造”的范围,甚至是(最坏的猜想)作者先作出了结果而后作出的启发式;Meta-Dendral系统也只不过是“应用域中作出的归纳法”。严格地讲,这些系统都没有能触及机器自动发

明(现)的本质,至少是没有普遍推广意义。目前尽管面临着重重困难,但对人类的创造性思维的探索仍必须进行下去,因为人类对自身的认识是永无止境的。为此,我们认为:当前对人类的创造性思维的研究之所以进展缓慢,其根本原因在于对人类大脑的思维体系及机理了解甚少。所以要取得若干突破,一条有效的途径便是从人的实际推理行为角度去分析研究,以便得到行为科学实证的支持。于是从这个角度出发,我们便可以发现:人的发明创造并不是天生的,它是从外部世界获取众多材料及知识之后,在量的积累基础上的一个质的飞跃。明确了这一点,便为我们探索创造性思维的模式依稀指明了方向。这里,我们大胆地提出利用人工神经网络去研究创造性思维是一条有希望实现的捷径。

人工神经网络是由许多并行运行的简单的神经元(处理单元或结点)组成的复杂系统,其存贮与处理能力由网络的结构、连接强度以及单个神经元所执行的处理来决定。目前专家系统中的一些学习算法都是基于人工神经网络模型,如PDP并行分布式模型,B-P反向传播模型等等,其知识表示特点是知识从显式变成隐式表达,不是通过人的加工转化成规则,而是通过学习算法自动获取;推理机制从检索和验证过程变为网络隐含模式对输入的竞争。竞争是并行的,针对特定特征的,对特定论域而言,是将输入模式中各个抽象概念转化为神经网络的输入数据,以及根据论域的特点适当地解释神经网络的输出数据。即神经网络算法是数值模型,存在与知识系统的连接转化问题,要有导入及导出规则。

从上述论述中,我们不自觉地悟出:人工神经网络的理论的确是在反映创造性思维的本质,因此从这里寻找创造性思维的突破口是完全可能的。

4. 形象思维与逻辑思维的有机结合

形象思维与逻辑思维的有机结合是工程

设计专家思维的另一特征。关于逻辑思维现已有较为成熟的理论可循,至于人类如何进行形象思维,目前人们还知之甚少,但有一点可以肯定:对事物进行模糊类比,是人们把握客观形象的一种手段。因此,我们认为:采用模式匹配的方法去寻求体现形象思维过程是一条有望实现的途径。对此,有两方面的工作要做:

(1) 确定能独立全面表征某事物类的指标;

(2) 拿类比事物集合与实际情况相比较,并依据模糊数学理论中的择近原则等进行模式匹配。

四、专家系统与数据库管理系统的有机结合

在工程设计中,需要调查分析大量的原始数据资料,这就产生了数据的管理及处理问题。而解决这一问题实质上涉及到数据库管理系统和专家系统两种技术的结合。由此又产生一个问题,如果专家系统与数据库有机地结合在一起,那么整个体系中的各功能应如何分散到ES逻辑设计部分和DBMS逻辑设计部分上。例如数据模型、查询语言等其它原由DBMS提供的功能是否要从DBMS中取消一部分,而代之以ES提供?反之原有ES提供的功能是否也需要这样做。对此,我们认为:ES和DBMS的搜索机制是截然不同的。为此,应根据它们各自的搜索机制的特

点来划分两者的性能,即ES的逻辑设计仅仅用在那些确实需要ES搜索机制的功能的地方,否则,则应用较简单的搜索机制。对此,DBMS的逻辑设计应该最大限度地担负起责任,力图减少ES搜索周期中所涉及的知识。为此,我们提出以下假想模式:

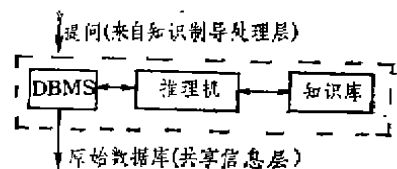


图2 信息处理模块的假想模式

以上我们从四个方面阐述了工程设计类专家系统的基本特征。由此我们相信:随着专家系统理论的日趋完善和一些工程设计类专家系统的相继开发成功,一种具有鲜明特色的工程设计型专家系统定会得到更好的发展。

参考书目

- [1] 王俊善, 吴秀清, 一个用于构造型专家系统的问题求解策略, 计算机研究与发展 1990.4
- [2] 程建群, 秦彤, 胡铭曾, 支持多专家系统知识库的知识组织, 计算机研究与发展 1990.8
- [3] 欧阳为民, 专家数据库引论, 计算机科学 1990.3.
- [4] 施欣: 专家系统的不确定性推理研究, 中国模糊数学与模糊系统五届年会宣读论文。

(接第77页)

临床领域分支ES, 然后让各分支ES相互兼并, 最终形成一个巨ES。我们已设计了基于此种知识表示的知识获取与知识库兼并算法, 作为各子ES的一个功能部分, 这属于ES兼并最简单的情形, 即 $Aa \rightarrow Ca$ 。由于产生式规则是一种最常用的知识表示方法, 建立的医学ES也较多, 接下来我们将考虑采用关联索引式知识表示与采用产生式规则知识表示的ES间的知识获取与知识库兼并, 以及基于规则知识表示的ES间的相互知识获

取与知识库兼并。

ES作为一种逐步走向成熟的AI技术和计算机软件, 人们对它提出了愈来愈高的要求, 如要求处理与解答复杂程度更高的问题。单一的ES已无法胜任这样的工作, 因此ES已向分布式发展, 采用将复杂问题分解为各个不同的相对简单的问题的策略, 或根据不同的问题启用分布式ES中不同的结点ES。但另一方面, ES也可以向集成式发展, 即采取ES间的知识获取与ES兼并, 由此构筑大巨型ES, 以克服知识领域的狭窄, 胜任复杂性更高的问题求解, 或提高实际工作能力。(参考文献略)