

专家控制系统

专家系统(expert system, ES)是人工智能应用研究的主要领域之一。20 世纪 70 年代中期,专家系统的开发获得成功。正如专家系统的先驱费根鲍姆(Feigenbaum)所说:专家系统的力量是从它所处理的知识中产生的,而不是从某种形式主义及其使用的参考模式中产生的。这正符合一句名言:知识就是力量。到 20 世纪 80 年代,专家系统在全世界得到迅速发展和广泛应用。现在,专家系统并不过时,而是不断更新,被称为“21 世纪知识管理和决策的技术”。

专家控制系统是一个应用专家系统技术的控制系统,也是一个典型的和广泛应用的基于知识的控制系统。海斯·罗思(Hayes Roth)等在 1983 年提出了专家控制系统。他们指出,专家控制系统的全部行为能被自适应地支配;为此,该控制系统必须能够重复解释当前状况,预测未来行为,诊断出现问题的原因,制定补救(校正)规划,并监控规划的执行,从而确保成功。关于专家控制系统应用的第一次报道是在 1984 年,它是一个用于炼油的分布式实时过程控制系统。奥斯特洛姆(Åström)等在 1986 年发表了题为“专家控制”(Expert Control)的论文。从此,更多的专家控制系统获得开发与应用。专家系统和智能控制两者都是以模仿人类智能为基础的,而且都涉及某些不确定性问题。专家控制既可包括高层控制(决策与规划),又可涉及低层控制(动作与实现)。

本章主要讨论 5 个问题,即专家系统基本原理、专家系统的主要类型及其结构、专家系统的知识表示与推理、专家控制系统的结构与类型以及专家控制系统的应用实例等。下面将逐一加以介绍。

3.1 专家系统的基本概念

自从 1965 年第一个专家系统 DENDRAL 在美国斯坦福大学问世以来,经过 20 年的研究开发,到 20 世纪 80 年代中期,各种专家系统已遍布各个专业领域,并取得了很大的成功。现在,专家系统得到了更为广泛的应用,并在应用开发中得到了进一步发展。

3.1.1 专家系统的定义与一般结构

1. 专家系统的定义

定义 3.1 专家系统

专家系统是一个智能计算机程序系统,其内部含有大量的某个领域专家水平的知识与

经验,能够利用人类专家的知识和解决问题的方法来处理该领域问题,以人类专家的水平完成特别困难的某一专业领域的任务。

也就是说,专家系统是一个具有大量的专门知识与经验的程序系统,它应用人工智能技术和计算机技术,根据某领域一个或多个专家提供的知识和经验,进行推理和判断,模拟人类专家的决策过程,即模仿人类专家如何运用他们的知识和经验来解决所面临问题的方法、技巧和步骤,以便解决那些需要人类专家处理的复杂问题。简言之,专家系统是一种模拟人类专家解决领域问题的计算机程序系统。

定义 3.2 专家系统

专家系统能够处理现实世界中需要专家做出解释的复杂问题,并使用专家推理的计算机模型解决这些问题,得出与专家相同的结论(Weiss 和 Kulikowski,1984)。

专家就是那些擅长解决特定问题的专门人才。

定义 3.3 专家系统

专家系统是一个设计用于建立人类专家问题求解能力模型的计算机程序(Durkin,1994)。

定义 3.4 专家系统

对专家系统的定义使用了 7 个半独立的方面(Brachman、Amarel 和 Feigenbaum 等,1988):

- (1) 获取专门知识,使用高级规则,避免盲目搜索,有效解决问题。
- (2) 采用符号表示和推理。
- (3) 具有智能,注重领域原理,使用弱推理法。
- (4) 问题具有较大的复杂度和求解难度。
- (5) 进行重新描述,把术语的描述转化为适于专家规则形式的描述。
- (6) 具有不同形式的解释推理的能力,尤其是对过程自身的推理的解释能力。
- (7) 建立系统要完成的总任务和功能。

定义 3.5 基于知识的专家系统

专家系统是广泛应用专门知识以解决人类专家水平问题的人工智能的一个分支。专家系统有时又称为基于知识的系统或基于知识的专家系统(Giaratano 和 Riley,1998)。

专家系统的另外两种定义如下:

定义 3.6 专家系统

专家系统是利用存储在计算机内的某一特定领域的人类专家知识,来解决需要人类专家才能解决的现实问题的计算机系统。

定义 3.7 专家系统

专家系统是一种具有大量专门知识和经验的智能计算机系统,通常主要指计算机软件系统。

2. 专家系统的一般结构

专家系统的结构是指专家系统各组成部分的构造方法和组织形式。系统结构选择恰当与否,是与专家系统的适用性和有效性密切相关的。选择什么结构最为恰当,要根据系统的应用环境和所执行任务的特点而定。例如,MYCIN 系统的任务是疾病诊断与解释,其问题的特点是需要较小的可能空间、可靠的数据及比较可靠的知识,这就决定了它可采用穷尽检索解空间和单链推理等较简单的控制方法和系统结构。与此不同的是,HEARSAY-II 系统的任务是进行口语理解,需要检索巨大的可能解空间,数据和知识都不可靠,缺少问题的

比较固定的路线,经常需要猜测才能继续推理等。这些特点决定了 HEARSAY-II 必须采用比 MYCIN 更为复杂的系统结构。

图 3.1 表示了专家系统的简化结构图。图 3.2 是理想专家系统的结构图。由于每个专家系统需要完成的任务和特点不相同,所以其系统结构也不尽相同,一般只具有图中的部分模块。

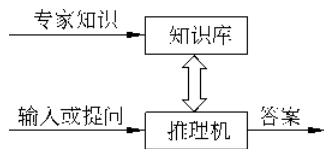


图 3.1 专家系统简化结构图

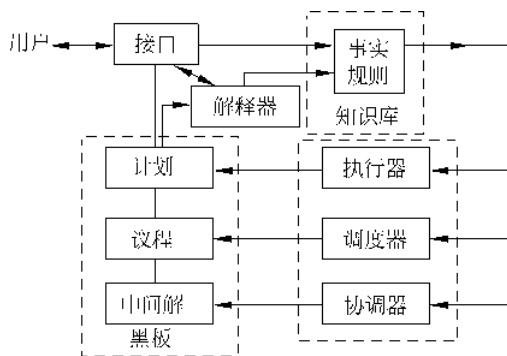


图 3.2 理想专家系统结构图

接口是人与系统进行信息交流的媒介,它为用户提供了直观方便的交互作用手段。接口的功能是识别与解释用户向系统提供的命令、问题和数据等信息,并把这些信息转化为系统的内部表示形式。另一方面,接口也将系统向用户提出的问题、得出的结果和做出的解释以用户易于理解的形式提供给用户。

黑板是用来记录系统推理过程中用到的控制信息、中间假设和中间结果的数据库。它包括计划、议程和中间解 3 部分。计划记录了当前问题总的处理计划、目标、问题的当前状态和问题背景。议程记录了一些待执行的动作,这些动作大多是由黑板中已有结果与知识库中的规则作用而得到的。中间解区域中存放当前系统已产生的结果和候选假设。

知识库包括两部分内容:一部分是已知的同当前问题有关的数据信息,另一部分是进行推理时要用到的一般知识和领域知识。这些知识大多以规则、网络 and 过程等形式表示。

调度器按照系统建造者所给的控制知识(通常使用优先权办法),从议程中选择一项作为系统下一步要执行的动作。执行器应用知识库中的及黑板中记录的信息,执行调度器所选定的动作。协调器的主要作用就是当得到新数据或新假设时,对已得到的结果进行修正,以保持结果前后的一致性。

解释器的功能是向用户解释系统的行为,包括解释结论的正确性及系统输出其他候选解的原因。为完成这一功能,通常需要利用黑板中记录的中间结果、中间假设和知识库中的知识。

专家系统程序与常规的应用程序之间有何不同呢?一般应用程序与专家系统程序的区别在于:前者把问题求解的知识隐含地编入程序,而后者则把其应用领域的问题求解知识单独组成一个实体,即为知识库。知识库的处理是通过与知识库分开的控制策略进行的。更明确地说,一般应用程序把知识组织为两级:数据级和程序级;大多数专家系统则将知识组织成三级:数据、知识库和控制。

在数据级上,是已经解决了的特定问题的说明性知识以及需要求解问题的有关事件的

当前状态。在知识库级,是专家系统的专门知识与经验。是否拥有大量知识是专家系统成功与否的关键,因而知识表示就成为设计专家系统的关键。在控制程序级,根据既定的控制策略和所求解问题的性质来决定应用知识库中的哪些知识。这里的控制策略是指推理方式。按照是否需要概率信息来决定采用非精确推理或精确推理。推理方式还取决于所需搜索的程度。

下面把专家系统的主要组成部分归纳于下。

1) 知识库(knowledge base)

知识库用于存储某领域专家系统的专门知识,包括事实、可行操作与规则等。为了建立知识库,要解决知识获取和知识表示问题。知识获取涉及知识工程师(knowledge engineer)如何从专家那里获得专门知识的问题;知识表示则要解决如何用计算机能够理解的形式表达和存储知识的问题。

2) 综合数据库(global database)

综合数据库又称全局数据库或总数据库,它用于存储领域或问题的初始数据和推理过程中得到的中间数据(信息),即被处理对象的一些当前事实。

3) 推理机(reasoning machine)

推理机用于记忆所采用的规则和控制策略的程序,使整个专家系统能够以逻辑方式协调地工作。推理机能够根据知识进行推理和导出结论,而不是简单地搜索现成的答案。

4) 解释器(explanator)

解释器能够向用户解释专家系统的行为,包括解释推理结论的正确性以及系统输出其他候选解的原因。

5) 接口(interface)

接口又称界面,它能够使系统与用户进行对话,使用户能够输入必要的数据、提出问题和了解推理过程及推理结果等。系统则通过接口,要求用户回答提问,并回答用户提出的问题,进行必要的解释。

3.1.2 专家系统的建造步骤

成功地建立专家系统的关键在于尽可能早地着手建立系统,从一个比较小的系统开始,逐步扩充为一个具有相当规模和日臻完善的试验系统。

建立专家系统的一般步骤如下:

(1) 设计初始知识库。知识库的设计是建立专家系统最重要和最艰巨的任务。初始知识库的设计包括:

- 问题知识化,即辨别所研究问题的实质,如要解决的任务是什么,它是如何定义的,可否把它分解为子问题或子任务,它包含哪些典型数据等。
- 知识概念化,即概括知识表示所需要的关键概念及其关系,如数据类型、已知条件(状态)和目标(状态)、提出的假设以及控制策略等。
- 概念形式化,即确定用来组织知识的数据结构形式,应用人工智能中各种知识表示方法把与概念化过程有关的关键概念、子问题及信息流特性等变换为比较正式的表达,它包括假设空间、过程模型和数据特性等。
- 形式规则化,即编制规则、把形式化了的的知识变换为由编程语言表示的可供计算机

执行的语句和程序。

- 规则合法化,即确认规则化了知识的合理性,检验规则的有效性。

(2) 原型机(prototype)的开发与试验。在选定知识表达方法之后,即可着手建立整个系统所需要的实验子集,它包括整个模型的典型知识,而且只涉及与试验有关的足够简单的任务和推理过程。

(3) 知识库的改进与归纳。反复对知识库及推理规则进行改进试验,归纳出更完善的结果。经过相当长时间(例如数月至两三年)的努力,使系统在一定范围内达到人类专家的水平。

这种设计与建立步骤,如图 3.3 所示。

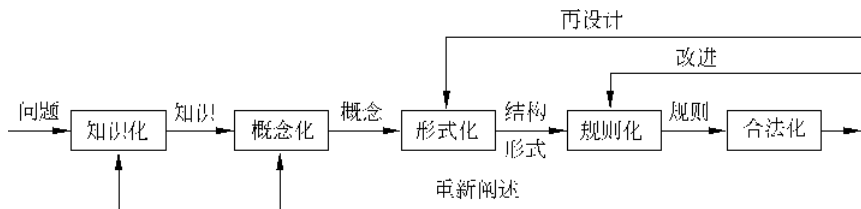


图 3.3 建立专家系统的步骤

3.2 专家系统的主要类型及其结构

本节将根据专家系统的工作机理,逐一讨论基于规则的专家系统、基于框架的专家系统和基于模型的专家系统(可分别简称为规则专家系统、框架专家系统和模型专家系统)的工作机理及结构。

3.2.1 基于规则的专家系统

1. 基于规则专家系统的工作模型

产生式系统的思想比较简单,然而却十分有效。产生式系统是专家系统的基础,专家系统就是从产生式系统发展而成的。基于规则的专家系统是个计算机程序,该程序使用一套包含在知识库内的规则对工作存储器内的具体问题信息(事实)进行处理,通过推理机推断出新的信息。其工作模型如图 3.4 所示。

从图 3.4 可见,一个基于规则的专家系统将采用下列模块来建立产生式系统的模型:

(1) 知识库。以一套规则建立人的长期存储器模型。

(2) 工作存储器。建立人的短期存储器模型,存放问题事实和由规则激发而推断出的新事实。

(3) 推理机。借助于把存放在工作存储器内的问题事实和存放在知识库内的规则结合起来,建立人的推理模型,以推断出新的信息。推理机作为产生式系统模型的推理模块,并

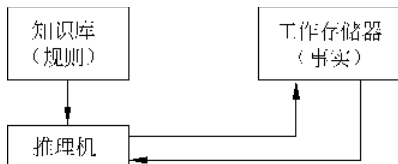


图 3.4 基于规则专家系统的工作模型

把事实与规则的先决条件(前项)进行比较,看看哪条规则能够被激活。通过这些激活规则,推理机把结论加进工作存储器,并进行处理,直到再没有其他规则的先决条件能与工作存储器内的事实相匹配止。

基于规则的专家系统不需要一个人类问题求解的精确匹配,而能够通过计算机提供一个复制问题求解的合理模型。

2. 基于规则专家系统的结构

一个基于规则专家系统的完整结构示于图 3.5。其中,知识库、推理机和工作存储器是构成本专家系统的核心,已在上边叙述过。其他组成部分或子系统如下:

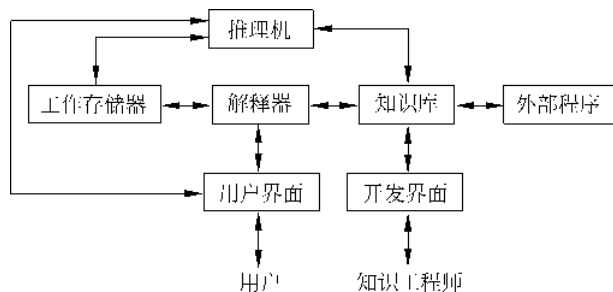


图 3.5 基于规则专家系统的结构

- (1) 用户界面(接口)。用户通过该界面来观察系统,并与系统对话(交互)。
- (2) 开发(者)界面。知识工程师通过该界面对专家系统进行开发。
- (3) 解释器。对系统的推理提供解释。
- (4) 外部程序。如数据库、扩展盘和算法等,对专家系统的工作起支持作用。它们应易于为专家系统所访问和使用。

所有专家系统的开发软件,包括外壳和库语言,都将为系统的用户和开发者提供不同的界面。用户可能使用简单的逐字逐句的指示或交互图示。在系统开发过程中,开发者可以采用原码方法或被引导至一个灵巧的编辑器。

解释器的性质取决于所选择的开发软件。大多数专家系统外壳(工具)只提供有限的解释能力,诸如,为什么提这些问题以及如何得到某些结论。库语言方法对系统解释器有更好的控制能力。

基于规则的专家系统,已有数十年的开发和应用历史,并已被证明是一种有效的技术。专家系统开发工具的灵活性可以极大地减少基于规则专家系统的开发时间。尽管在 20 世纪 90 年代,专家系统已向面向目标的设计发展,但是基于规则的专家系统仍然继续发挥着重要的作用。基于规则的专家系统具有许多优点和不足之处,在设计开发专家系统时,使开发工具与求解问题匹配是十分重要的。

3.2.2 基于框架的专家系统

框架是一种结构化表示方法,它由若干个描述相关事物各方面及其概念的槽构成,每个槽拥有若干侧面,每个侧面又可拥有若干个值。

1. 面向目标编程与基于框架设计

基于框架的专家系统就是建立在框架的基础之上的。一般概念存放在框架内,而该概

念的一些特例则表示在其他框架内并含有实际的特征值。基于框架的专家系统采用了面向目标的编程技术,以提高系统的能力和灵活性。现在,基于框架的设计和面向目标的编程共享许多特征,以致在应用“目标”和“框架”这两个术语时,往往会引起某些混淆。

面向目标编程涉及的所有数据结构均以目标形式出现。每个目标含有两种基本信息,即描述目标的信息和说明目标能够做些什么的信息。应用专家系统的术语来说,每个目标具有陈述知识和过程知识。面向目标编程为表示实际世界目标提供了一种自然的方法。我们观察的世界,一般都是由物体组成的,如小车、鲜花和蜜蜂等。

在设计基于框架系统时,专家系统的设计者们把目标叫做框架。现在,从事专家系统开发研究和应用者,已交替使用这两个术语而不产生混淆。

2. 基于框架专家系统的结构

与基于规则的专家系统的定义类似,基于框架的专家系统是个计算机程序,该程序使用一组包含在知识库内的框架对工作存储器内的具体问题信息进行处理,通过推理机推断出新的信息。这里采用框架而不是采用规则来表示知识。框架提供一种比规则更丰富的获取问题知识的方法,不仅提供某些目标的包描述,而且还规定该目标如何工作。

为了说明设计和表示框架中的某些知识值,让我们考虑如图 3.6 所示的人类框架结构。图中,每个圆看作面向目标系统中的一个目标,而在基于框架系统中看作一个框架。用基于框架系统的术语来说,存在孩子对父母的特征,以表示框架间的自然关系。例如约翰是父辈“男人”的孩子,而“男人”又是“人类”的孩子。

在图 3.6 中,最顶部的框架表示“人类”这个抽象的概念,通常称之为类(class)。附于这个类框架的是“特征”,有时称为槽(slot),是一个这类物体一般属性的列表。附于该类的所有下层框架将继承所有特征。每个特征有它的名称和值,还可能有一组侧面,以提供更进一步的特征信息。一个侧面可用于规定对特征的约束,或者用于执行获取特征值的过程,或者在特征值改变时做些什么。

图 3.6 的中层是两个表示“男人”和“女人”这种不太抽象概念的框架,它们自然地附属于其前辈框架“人类”。这两个框架也是类框架,但附属于其上层类框架,所以称为子类(subclass)。底层的框架附属于其适当的中层框架,表示具体的物体,通常称为例子(instance),它们是其前辈框架的具体事物或例子。

这些术语,类、子类和例子(物体)用于表示对基于框架系统的组织。从图 3.6 还可以看到,某些基于框架的专家系统还采用一个目标议程表(goal agenda)和一套规则。该议程表仅仅提供要执行的任务列表。规则集合则包括强有力的模式匹配规则,它能够通过搜索所有框架,寻找支持信息,从整个框架世界进行推理。

更详细地说,“人类”这个类的名称为“人类”,其子类为“男人”和“女人”,其特征有年龄、种族、居住地、期望寿命等。子类和例子也有相似的特征。这些特征,都可以用框架表示。

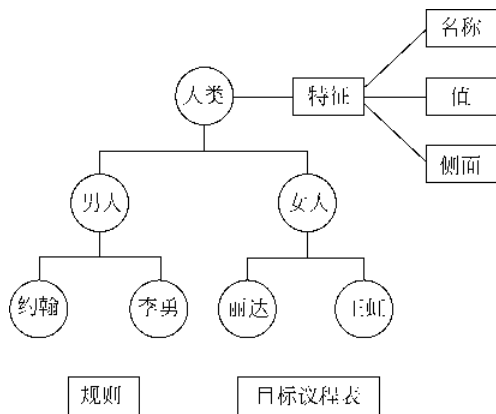


图 3.6 人类的框架分层结构

3. 基于框架专家系统的一般设计方法

基于框架专家系统的主要设计步骤与基于规则的专家系统相似。它们都依赖于对相关问题的理解,从而能够提供对问题的洞察,采用最好的系统结构。对于基于规则的系统,需要得到组织规则和结构以求解问题的基本思想和方法。对于基于框架的系统,需要了解各种物体是如何相互关联并用于求解问题的。在设计初期,就要为课题选好正确的编程语言或支撑工具(外壳等)。

对于任何类型的专家系统,其设计是个高度交互的过程。开始时,开发一个小的有代表性的原型(prototype),以证明课题的可行性;然后对这个原型进行试验,获得课题进行的思想,涉及系统的扩展、存在知识的深化和对系统的改进,使系统变得更聪明。

设计上述两种专家系统的主要差别在于如何看待和使用知识。对于基于规则的专家系统,把整个问题看做是被简练地表示的规则,每条规则获得问题的一些启发信息。这些规则的集合概括和体现了专家对问题的全面理解。设计者的工作就是编写每条规则,使它们在逻辑上抓住专家的理解和推理。在设计基于框架的专家系统时,对问题的看法截然不同。要把整个问题和每件事想象为编织起来的事物。在第一次会见专家之后,要采用一些非正式方法(如黑板、记事本等),列出与问题有关的事物。这些事物可能是有形的实物(如汽车、风扇、电视机等),也可能是抽象的东西(如观点、故事、印象等),它们代表了专家所描述的主要问题及其相关内容。

在辨识事物之后,下一步是寻找把这些事物组织起来的方法。这一步包括:把相似的物体一起收集进类-例关系中,规定事物间相互通信的各种方法等。然后,就应该能够选择一种框架结构以适合问题的需求。这种框架不仅应提供对问题的自然描述,而且应能够提供系统实现的方法。

开发基于框架的专家系统的主要任务如下:

- (1) 定义问题,包括对问题和结论的考察与综述。
- (2) 分析领域,包括定义事物、事物特征、事件和框架结构。
- (3) 定义类及其特征。
- (4) 定义例及其框架结构。
- (5) 确定模式匹配规则。
- (6) 规定事物间的通信方法。
- (7) 设计系统界面。
- (8) 对系统进行评价。
- (9) 对系统进行扩展,深化和扩宽知识。

基于框架的专家系统能够提供基于规则专家系统所没有的特征,如继承、侧面、信息通信和模式匹配规则等,因而也就提供了一种更加强大的开发复杂系统的工具。也就是说,基于框架的专家系统具有比基于规则的专家系统更强的功能,适用于解决更复杂的问题。

3.2.3 基于模型的专家系统

1. 基于模型专家系统的提出

对人工智能的研究内容有着各种不同的看法。有一种观点认为:人工智能是对各种定性模型(物理的、感知的、认识的和社会的系统模型)的获得、表达及使用的计算方法进行研

究的学问。根据这一观点,一个知识系统中的知识库是由各种模型综合而成的,而这些模型又往往是定性的模型。由于模型的建立与知识密切相关,所以有关模型的获取、表达及使用自然地包括了知识获取、知识表达和知识使用。所说的模型概括了定性的物理模型和心理模型等。以这样的观点来看待专家系统的设计,可以认为一个专家系统是由一些原理与运行方式不同的模型综合而成的。

采用各种定性模型来设计专家系统,其优点是显而易见的。一方面,它增加了系统的功能,提高了性能指标;另一方面,可独立地深入研究各种模型及其相关问题,把获得的结果用于改进系统设计。专家系统开发工具 PESS(Purity Expert System)利用四种模型,即基于逻辑的心理模型、神经网络模型、定性物理模型以及可视知识模型。这四种模型不是孤立的,PESS 支持用户将这些模型进行综合使用。基于这些观点,已完成了以神经网络为基础的核反应堆故障诊断专家系统及中医医疗诊断专家系统,为克服专家系统中知识获取这一瓶颈问题提供一种解决途径。定性物理模型则提供了对深层知识及推理的描述功能,从而提高了系统的问题求解与解释能力。至于可视知识模型,既可有效地利用视觉知识,又可在系统中利用图形来表达人类知识,并完成人机交互任务。

前面讨论过的基于规则的专家系统和基于框架的专家系统都是以逻辑心理模型为基础的,是采用规则逻辑或框架逻辑,并以逻辑作为描述启发式知识的工具而建立的计算机程序系统。综合各种模型的专家系统无论在知识表示、知识获取还是知识应用上都比那些基于逻辑心理模型的系统具有更强的功能,从而有可能显著改进专家系统的设计。

在诸多模型中,人工神经网络模型的应用最为广泛。早在 1988 年,就有人把神经网络应用于专家系统,使传统的专家系统得到了发展。

2. 基于神经网络的专家系统

神经网络模型从知识表示、推理机制到控制方式,都与目前专家系统中的基于逻辑的心理模型有本质的区别。知识从显式表示变为隐式表示,这种知识不是通过人的加工转换成规则,而是通过学习算法自动获取的。推理机制从检索和验证过程变为网络上隐含模式对输入的竞争。这种竞争是并行的和针对特定特征的,并把特定论域输入模式中各个抽象概念转化为神经网络的输入数据,以及根据论域特点适当地解释神经网络的输出数据。

如何将神经网络模型与基于逻辑的心理模型相结合是值得进一步研究的课题。从人类求解问题来看,知识存储与低层信息处理是并行分布的,而高层信息处理则是顺序的。演绎与归纳是不可少的逻辑推理,两者结合起来能够更好地表现人类的智能行为。从综合两种模型的专家系统的设计来看,知识库由一些知识元构成,知识元可为一神经网络模块,也可以是一组规则或框架的逻辑模块。只要对神经网络的输入转换规则和输出解释规则给予形式化表达,使之与外界接口及系统所用的知识表达结构相似,则传统的推理机制和调度机制都可以直接应用到专家系统中去,神经网络与传统专家系统的集成,协同工作,优势互补。根据侧重点不同,其集成有三种模式:

(1) 神经网络支持专家系统。以传统的专家系统为主,以神经网络的有关技术为辅。例如对专家提供的知识和案例,通过神经网络自动获取知识。又如运用神经网络的并行推理技术以提高推理效率。

(2) 专家系统支持神经网络。以神经网络的有关技术为核心,建立相应领域的专家系统,采用专家系统的相关技术完成解释等方面的工作。

(3) 协同式的神经网络专家系统。针对大的复杂问题,将其分解为若干子问题,针对每个子问题的特点,选择用神经网络或专家系统加以实现,在神经网络和专家系统之间建立一种耦合关系。

图 3.7 表示了一种神经网络专家系统的基本结构。其中,自动获取模块输入、组织并存储专家提供的学习实例、选定神经网络的结构、调用神经网络的学习算法,为知识库实现知识获取。当新的学习实例输入后,知识获取模块通过对新实例的学习,自动获得新的网络权值分布,从而更新了知识库。

下面讨论神经网络专家系统的几个问题。

(1) 神经网络的知识表示是一种隐式表示,是把某个问题领域的若干知识彼此关联地表示在一个神经网络中。对于组合式专家系统,同时采用知识的显式表示和隐式表示。

(2) 神经网络通过实例学习实现知识自动获取。领域专家提供学习实例及其期望解,神经网络学习算法不断修改网络的权值分布。经过学习纠错而达到稳定权值分布的神经网络,就是神经网络专家系统的知识库。

(3) 神经网络的推理是个正向非线性数值计算过程,同时也是一种并行推理机制。由于神经网络各输出节点的输出是数值,因而需要一个解释器对输出模式进行解释。

(4) 一个神经网络专家系统可用加权有向图表示,或用邻接权矩阵表示,因此,可把同一知识领域的几个独立的专家系统组合成更大的神经网络专家系统,只要把各个子系统间有连接关系的节点连接起来即可。组合神经网络专家系统能够提供更多的学习实例,经过学习训练能够获得更可靠更丰富的知识库。与此相反,若把几个基于规则的专家系统组合成更大的专家系统,由于各知识库中的规则是各自确定的,因而组合知识库中的规则冗余度和不一致性都较大;也就是说,各子系统的规则越多,组合的大系统知识库越不可靠。

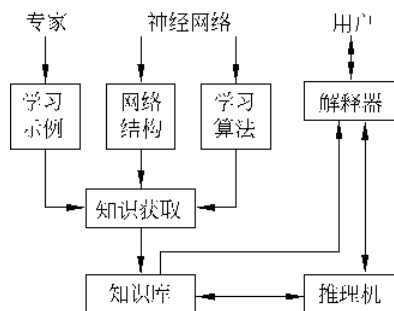


图 3.7 神经网络专家系统的基本结构

3.3 专家系统的知识表示与推理

本节将探讨专家系统的知识表示和推理技术。这些技术和传统程序推理的过程区别很大。一般程序必须处理数据,但专家系统必须处理知识。要做到这一点,就按照专家系统能操作的一些符号形式表示知识。本节首先介绍几种常用的符号形式的知识表示方法;然后介绍系统如何进行知识推理,以进行问题求解;最后讨论不确定推理和基于规则的推理系统。专家系统中还可采用模糊推理、人工神经网络和进化计算等高级推理技术,我们将在后续相关章节介绍它们。

3.3.1 知识表示

专家系统的性能直接与专家系统对给定问题具备的知识的质量相关,这一点早已达成共识。

什么是知识呢?知识是用来表示个人试图获取的对给定学科理解的抽象术语。要按照

专家系统的术语方式定义知识,就应该采取更实际的观点。

定义 3.8 知识

知识是指对学科领域的理解。

例如,对医药领域的理解。但在建造专家系统时,不要试图获取所有的专家知识。而应该从这个学科领域选取与相当集中的主题有关的专家知识。例如,对传染性血液疾病的理解。在专家系统世界里,称之为特定域的知识。

定义 3.9 域

足够集中的主题领域称为域。

成功开发专家系统的关键点在于域的确定。当学科领域非常广阔时,就需要大量的主题,那么专家系统的性能就很难提高。

在一些相当集中的域获取相关的专家知识之后,将要在专家系统中表示这些知识。这就需要找到一种在此系统中构造知识的方法,让系统按照专家一样的方式处理问题。这种构造知识的方法常称为知识表示。

定义 3.10 知识表示

知识表示是一种用来在专家系统的知识库中对知识编码的方法。

1. 知识的类型

认知心理学家已经建立了大量理论,来解释人类如何求解问题。这项工作涉及人类共同使用的知识类型、对这些知识的组织以及如何高效使用这些知识来解决问题。人工智能研究人员已经应用这些研究成果来在计算机中开发出完美地表示这些知识的技术。

如同还没有一个理论可用来解释人类知识组织或在传统计算机程序中最佳构造数据的技术一样,现在也还没有一个理想的知识表示结构。知识工程师更重要的责任是为给定应用选择最适合的知识表示技术。要做到这一点,就必须理解各种知识表示技术和这些技术所能最佳表示的知识类型。表 3.1 列举出了不同类型的知识。

表 3.1 知识不同类型

知识的类型	
过程性知识	规则 策略 议程 过程
陈述性知识	概念 对象 事实
元知识	其他类型知识及其用法的知识
启发式知识	拇指规则
结构知识	规则集 概念关系 对象关系的概念

过程性知识描述如何解决问题。这类知识提供如何做事的建议。规则、策略、议程和过程专家系统是使用过程性知识的典型类型。