

人工智能

专家系统设计原理

叶迪勤 编著



武汉工业大学出版社

人 工 智 能
专 家 系 统 设 计 原 理

周迪勋 编著

武汉工业大学出版社

鄂新登字 13 号

内 容 简 介

本书阐述专家系统的内涵和发展,基本原理和结构;知识库和推理机构的建立技术;专家系统软件的研制;专用模块的编制,并介绍几个专家系统,供读者编制专家系统参考。为了顺利阅读上述内容,书中特设置两章:LISP 基本函数和 Turbo PROLOG 功能谓词,供读者选用。

该书的内容着眼于实用,力求用通俗易懂的表达方式来阐明各章的内容,并附有经过实际考核的程序。该书特点:概念清楚、条理分明、语言简洁、易学好懂,尤其是附有专家系统具体软件,故实用性强。

此书可供从事CAD和专家系统工作的研究人员和科技人员阅读,亦可作为研究生和高年级大学生的教材或参考书。

人工智能专家系统设计原理

周迪勋 编 著

责任编辑 余 晶

☆

武汉工业大学出版社出版发行 新华书店经售

(武昌珞狮路 14 号,邮政编码 430070)

武汉工业大学出版社印刷厂激光照排

开本: 850×1168 1/32 印张:13.75 字数:340 千

1992 年 12 月第 1 版 1992 年 12 月第 1 次印刷

印数 1—1000

ISBN 7-5629-0506-1/TH·17

定价:6.20 元

前 言

设计、诊断和控制包含了许多学科的专门知识和丰富的实践经验。工程任务除运算外,更需要全面运筹、分析、综合和演绎推理,才能得到合理的正确方案、决策、诊断和控制,以达到预想的目的。计算机辅助设计(CAD)技术是以数值运算为核心,它无法胜任复杂的演绎推理任务。而专家系统是人工智能的一个活跃且实用的重要分支。它以知识推理为核心,能完成一般CAD技术难以胜任的推理任务。掌握人工智能专家系统的知识,并用于设计、诊断或控制,这将使我国计算机应用技术向智能化方向发展并将提高到更高的水平。鉴于以上看法,编者侧重介绍设计型的专家系统,编写了这本易学易懂的导引性的专家系统入门书。以助从事CAD工作的科技人员能用人工智能专家系统知识提高CAD技术水平,更好地为我国的现代化建设服务。

本书阐述了专家系统的基本原理和研制技术。第一章:研制专家系统的意义;第二章:LISP基本函数;第三章:专家系统的基本原理和结构;第四章:专家系统的推理机构;第五章:专家系统的专用模块和框架结构;第六章:专家系统的应用示例;第七章:模糊集合论在专家系统的应用;第八章:Turbo PROLOG功能谓词及应用。

编者在编写过程中,主要着眼于工程的实用性,力求用通俗易懂的表达方式阐明其基本原理,并附有经过实际考核的示例和程序,尽可能做到概念阐述清楚,语言简洁和实用性强。该书内容是以编者在华中理工大学和武汉工业大学的六届研究生班讲授的讲义内容和科学研究的实践成果为基础编写的,故该书可作为讲授专家系统的教材和有关科研人员的参考书。它有利于从事多年

CAD 的科技人员将 CAD/CAM 技术与人工智能专家系统结合,使我国的 CAD/CAM 技术提高到新的水平。

该书的第一、二、三、四、五、六、七章由周迪勋编写,第八章由周迪勋和刘第楷编写。对赵辉、董向阳、焦天民、胡勤艳、宋海生、汪同洋、冯其璜、刘玉芬等同志分别在各章编写给予的帮助,在此致以谢意。

限于编者水平和实践经验,书中难免存在谬误之处,深望本书读者批评指正。

编 者

1992 年 12 月

目 录

第一章 研制专家系统的意义	(1)
§ 1-1 专家系统的含义	(1)
1. 人工智能 2. 专家系统 3. 知识工程和知识工程师	
§ 1-2 机械 CAD 与专家系统的结合问题	(3)
1. 机械 CAD 需要的内容 2. CAD 技术与专家系统的区别	
3. CAD 技术与专家系统的结合	
§ 1-3 国内外的专家系统简介	(9)
1. 国外的专家系统 2. 国内的专家系统 3. 工具系统	
4. 新一代专家系统	
第二章 LISP 基本函数	(16)
§ 2-1 LISP 程序的基本成分	(16)
1. 原子 2. 表 3. 元素和点对 4. 函数标识符	
5. 函数	
§ 2-2 LISP 程序的结构格式	(19)
§ 2-3 LISP 程序的特点	(20)
§ 2-4 LISP 程序的编辑过程框图	(21)
§ 2-5 LISP 程序的基本函数	(22)
1. 判断原子和表函数 ATOM、CONSP 函数 2. 基本运算函数	
MAX、MIN、EQUAL、NEQUAL、GT、NULL、NOT、PLUS、SUB、AND、	
OR、EXPT、MINUS 3. 修改值函数 SETQ、RPLACA、RPLACD、	
LAST、EVAL 4. 基本操作函数 LENGTH、MEMBER、CAR、	
CDR、APPEND、CONS、LIST、PACK、NCONC、REVERSE、MAP、	
MAPC、MAPCAN、MAPCAR、MAPPEND、DELETEMV、ALLTOPP、	
ALLTOP、CONCAT 5. 条件函数 COND 6. 自定义函数和	
匿名函数 DEF、LAMBDA 表达式 7. 特性表函数 FLAG、	
FLAGP、PUT、GET、PROPS、REMFLAG、REMPROP 8. 过程函	
数 PROG 9. 输入输出函数 READ、PRINT、FORPRINT、SPACES	

10. 数组函数 ARRAY、访问数组元素函数 STORE、PRIN、
 ARRAYTYPE、DIMS、BOUNDS 11. 系统控制函数
 DISPLAYMODE、COLORMODE、EXIT 12. 递归函数 13. 利
 用迭代定义新函数 MAPCAR、APPLY

§ 2-6 LISP 程序的编辑和运行 (63)

§ 2-7 LISP 程序的改错命令 (65)

1. 显示命令 2. 定位命令 3. 元素修改命令
4. 括号移动命令 5. 编辑出口命令

第三章 设计型专家系统原理 (70)

§ 3-1 专家系统的基本结构 (70)

1. 专家系统的结构 2. 设计型专家系统的结构

§ 3-2 专家知识的获取和表达 (77)

1. 数据表 2. 模型化描述 3. 谓词逻辑 4. 语义网络图
5. 框架结构 6. 产生式法则和特性表表示法 7. 知识的过
程描述

§ 3-3 事实库的建立 (98)

1. 事实库的功用 2. 事实库的建立方法 3. 事实库事实的
编辑和显示 4. 检索代码 N 对应的事实 5. 存放事实的动
态事实库 6. 存放推理结论的动态事实库 7. 事实包的建
立

§ 3-4 规则库的建立 (106)

1. 产生式规则表达式 2. 规则的语义网络表达方式
3. 规则库的建立步骤

§ 3-5 框架结构式的建库格式 (110)

1. 框架结构库的程序格式 2. 框架提示位置及插补函数 AN、
SETA 3. 框架增补函数 DDAF、DDAFI 4. 框架删除函数
LEDF、LEDFI、LEDFJ 5. 框架内容的提取函数 FGET

§ 3-6 知识库的维护 (124)

1. 关于规则的修改 2. 关于规则先验概率的修改

第四章 专家系统的推理机构 (126)

§ 4-1 推理机构的功能和工作方式 (126)

§ 4-2 正向推理机构	(128)
1. 正向推理机构的结构框图	2. STEPFORWARD 函数
3. TRYRULE 函数	4. TESTIF 函数
5. RECALL 函数	
6. USETHEN 函数	7. REMEMBER 函数
8. DEDUCE 函数	
9. 正向推理机构的源程序	
§ 4-3 BASIC 正向推理	(143)
1. 调用现有产品总体方案的正向推理机构	2. 人机交互组合
新设计方案的正向推理机构	
§ 4-4 反向推理机构	(153)
1. 反向推理机构的结构框图及函数关系	2. 反向推理机构的
程序格式	3. 反向推理机构的自定义函数
4. 反向推理的	
源程序	5. 反向推理机构应用示例
6. 正反向混合推理	
§ 4-5 搜索求解法	(189)
1. 利用与-或图建立问题的归约模型	2. 深度优先搜索法
3. 耗散值的应用	4. 宽度优先搜索法
§ 4-6 不精确推理的 BAYES 法	(205)
1. 条件概率 $P(H E)$	2. 贝叶斯(BAYES)公式
3. 可信度	
与信任增长率	
§ 4-7 规则库的处理函数	(219)
1. 规则库的处理项目选择函数	2. 扫描显示事实函数 SHOW
和 SHOW1	3. 增加一条 IF...THEN 规则的函数 ADD
4. 删除一条规则的函数 DELETEN 和 SUB	5. 修改规则内容
的函数 INSERTR 和 EXCHAN	
第五章 设计型专家系统的专用模块	(227)
§ 5-1 接口模块	(227)
1. 打印机的接通打开某外设的 HANDLE 函数	2. 接通磁盘建
立数据文件	3. 接通磁盘调用数据文件
4. LISP 与 BASIC	
及 FORTRAN 程序的接口	
§ 5-2 人机对话咨询语句	(235)
1. 窗口函数 WINCLR、WINDOW、WINATTR、POINT、LINE	
2. 输入参数值	3. 输入存在与否的工况标志
4. 人机交互	

调用不同函数 5. 格式打印数据及检索 6. 人机对话选择
方案 7. 选用材料 8. 向使用者提示错误并提示需要再设计信息

§ 5-3 表格线图处理程序 (244)

1. 一维表格函数 TAB1 2. 二维表格存取函数 N-KM、TABS、
TAB、TABEXE、TABMAX、INSTAB、GEAR-Y、CL 3. 三维表格
存取函数 TAB3D 4. 特殊线图检索函数 CHOISE
5. 表格变为规则库或事实库 6. 数据文件

§ 5-4 解释模块 (267)

1. 解释函数 EXPAIN 2. 开窗口函数 WIN 3. 解释库的格
式

第六章 机械专家系统示例 (269)

§ 6-1 拖拉机总体方案推荐系统 (269)

1. 简介 2. 语义网络图 3. 程序 4. 操作方法

§ 6-2 机械传动装置方案专家系统(BES系统) (280)

1. 简介 2. 程序结构框图 3. 程序 4. 操作方法

第七章 模糊集合论在专家系统的应用 (299)

§ 7-1 模糊集合论的常用术语 (299)

1. 表达概念的两种方法 2. 客观事物的模糊性 3. 模糊集
合论的用途 4. 普通子集的术语 5. 模糊子集的表达法
6. 模糊集的运算公式 7. 普通子集与模糊子集的相互转化
8. 隶属函数曲线的绘制 9. 工程设计问题的隶属函数求法示
例

§ 7-2 模糊综合评判 (320)

1. 单因素评判 2. 多因素综合评判 3. 综合评判 B 的 b_j 求
法 4. 多层次综合评判 5. 综合评判结论示例 6. 模糊
运算程序

§ 7-3 模糊评判专家系统的知识结构 (339)

§ 7-4 评判专家系统与优化设计程序的接口 (354)

第八章 Turbo PROLOG 功能谓词及应用 (356)

§ 8-1 理论基础 (356)

§ 8-2 语 法	(358)
1. 常量、数和变量 2. 表 3. 运算	
§ 8-3 程序结构	(362)
1. 事实 2. 规则 3. 提问	
§ 8-4 匹配和推理	(364)
§ 8-5 回溯和反向推理	(365)
§ 8-6 截断	(368)
§ 8-7 内部谓词	(369)
1. 输入谓词 2. 输出谓词 3. readln, readint, readreal, file- str, keypressed, readchar, dir, time, date, disk 和 retract	
4. makewindow, clearwindow, removewindow, beep, display 和 edit	
§ 8-8 Turbo—PROLOG 与 DOS 交互	(373)
§ 8-9 动态数据库	(377)
1. 含义 2. 特点 3. 动态数据库的结构和打印内容	
4. 键入新文件名, 存盘 5. 查询 6. 调入内存 7. 增删 内容 8. 修改 9. 事实处理	
§ 8-10 资料表格的存储和检索	(386)
1. 表值处理的功能谓词 2. 输入原始数据的语句格式	
3. 资料表格的存储 4. 查表求值 5. 查出表值存入数据文 件	
§ 8-11 菜单驱动系统	(398)
1. 键入菜单符号的保护措施 2. 菜单中的<帮助>程序	
3. 菜单驱动系统程序示例	
§ 8-12 专家系统的子句段	(409)
1. Turbo PROLOG 专家系统格式示例 2. Turbo PROLOG 专家系统子句段示例	
§ 8-13 Turbo PROLOG 与 BASIC、FORTRAN 的链接	(417)
§ 8-14 Turbo PROLOG 操作	(419)
参考文献	(430)

第一章 研制专家系统的意义

§ 1-1 专家系统的含义

1. 人工智能

人工智能(ARTIFICIAL INTELLIGENCE)简称 AI。人工智能是用人工赋予计算机或机器以智能,使电脑模仿人脑去进行思维和工作。它是研究如何使计算机去做原来只有人才能做的具有智能性的工作。

人的行走速度小于 6 公里/小时。人类创造的汽车和火车是人脚的延伸。车速超过 60 公里/小时。人的手提重量为几十公斤。人类创造的起重机是人手的延伸。提重量达到几十吨重。人类已能制造人工听觉、人工视觉、人造肾脏和心脏。用电脑取代人脑而不知疲倦地工作已成为现实。机器人的发明是人工智能的伟大成就。

1959 年美国设计了一种会下跳棋的计算机。它下棋失利后,会总结经验改变策略,力争战胜对方,到了 1962 年它已经达到能打败一个洲的下跳棋冠军的水平,显示出人工智能的作用。

2. 专家系统

专家系统(EXPERT SYSTEM)是人工智能的一个重要分支。专家系统不去模拟人类的一般规律,而去模拟一些专业的思维规律,这些思维规律易于形式化(程序化),且更具有实用性。

专家系统是一个具有大量专门知识与经验的程序系统,又是一个处理知识的系统。它应该是专家可以信赖的高水平智力助手,由于存储了某个领域的专家知识,又能模拟专家的思路和方法去运用这些知识解决专门问题,使计算机象一个领域专家那样去处理问题,所以专家系统(如电脑医生、电脑化学家…)起着专家的作用。

用。

我国中医研究院模拟了著名关幼波老中医的思维方法,吸收了关幼波老中医的丰富治疗肝病经验,研制了中医肝病诊断专家系统。该专家系统的鉴定工作是这样进行的。在一个房间里坐着关幼波老中医,而另一个房间放着电脑中医(中医肝病诊断系统)。病人到两个房间看病,获得的治疗肝病处方基本一致。此套专家系统已经移植到河南,相当河南有了个名医关幼波。

机械设计专家系统,又称智能型 CAD 系统。它是 CAD 技术与专家系统相结合的系统,这种结合将有助于大大提高 CAD 的水平和解决传统 CAD 技术所难于解决的难题。

另外,还应指出,由于所处理的任务不同,专家系统的类型也不同,例如医生看病的诊断型;机械设计的设计型;用于军事指挥的快速反应决策型。

对于一个专家系统,要求做到以下几点:

* 能教育人 通过专家系统的知识库和推理机构,经过推理获得结论,使人们学到专家知识。它是一部活的专业著作,它能强有力地传播专家的知识、经验和能力。

* 能解释事实 通过专家系统的解释模块,解释一个事实和结论的原由,例如代替医生向病人解释病理。

* 能指导工作 通过专家系统的人机交互咨询系统,当用户请求帮助时,会指导用户使用专家系统。

* 能学习和扩充知识 通过专家系统的学习模块,能取长补短地向其它专家学习,以扩充和完善专家系统,促进了该专业领域研究工作的进展。

最又* 能完成特殊的任务和满足特殊的要求。

* 能复制生产和保存 专家去世,则专家大脑知识丢失,而专家系统是一套程序系统,故可保存下来,且可复制使用。

一般专家系统有以下三个特点:

(a) 具有启发性:能运用专家的知识经验进行推理和判断;

(b)具有透明性:能解释本身的推理过程,能回答用户提出的问题;

(c)具有灵活性:能不断增长知识,修改原有的知识。

评价专家系统是用“符合率”。在实际运用中,评价一个专家系统(比如评价一个医疗专家系统),就是利用该系统去诊断 100 个患者,其诊断结论若与该系统的医生的诊断结论有 95 个是相同的,就说其符合率为 95%,至于准确与否,取决于专家水平的高低。

3. 知识工程和知识工程师

知识工程是设计和开发专家系统的技术和作业,也是加工制造知识系统的一种产业。目前许多研究已经从以机理为基础的方向转移到以知识为基础的战略上来,所以未来的知识工程将是一个国家很庞大的产业。既是产业,就能再生产,专家工具系统就提供了再生产的条件。美国斯坦福大学的“启发式编程计划—80”就是一个有代表性的知识工程范例。从事这种产业的工程师称为知识工程师。

§ 1-2 机械 CAD 与专家系统的结合问题

1. 机械 CAD 需要的内容

机械产品是复杂而又统一的整体,机械设计用到许多学科的专门知识和丰富的实践经验。它需要设计运算和校核运算,更需要分析、综合、全面运筹和演绎推理才能得到合理的正确的设计决策。因此,机械设计是一个反复创造、反复评价的过程。机械计算机辅助设计(简称 CAD)协助人们工作。也就需要上述方面的内容。

数值运算:机械产品设计中有常规设计方法运算、优化和有限元等现代设计方法运算。这些计算已很成熟,且有成效。数值运算占很大的工作量。在数值运算中也存在迭代搜索工作,随着计算机

辅助设计的发展,由单个零件的 CAD 发展到产品总体方案 CAD 和整机 CAD。这种简单的迭代搜索就暴露出弱点;迭代搜索所有方案或所有对象将浪费大量的时间和计算机的内存,有时产生“组合爆炸——数值爆炸”,导致根本难以实现,甚至数值运算显得无能为力。

推理决策:机械设计需要分析、综合和演绎推理,CAD 就要模仿人的思维去对设计过程和设计的技术问题作出决策。以上许多数值运算中的迭代搜索工作,有的就可以用推理的方法很快获得结果。比如,有许多方案,用数值运算,则需要逐个方案迭代搜索,而采用推理决策,就可以舍弃一个一个方案去判断,而凭经验立即决定采取其中几个方案。专家系统就特别适合于解决这类问题,它可以立即将大多数的“可能性”排除在外,集中力量注意比较有帮助的“可能”。

2. CAD 技术与专家系统的区别

CAD 技术是以计算为核心,它包括三个方面的内容:数据的自动管理(大量表格、曲线数据的存取、有关图形的图数转换以及有关数学模型的建立等)、设计的自动化(通过 CAD 软件解决具体的设计问题)和人机交换信息。

专家系统是以知识推理为核心,它包括表达和专家知识的推理工作。专家系统的基本组成如图 1-1 所示。

专家知识的获取 如何从专家那里提取与问题相关的知识。一般知识分为两种类型:陈述性知识(教课书、手册…),它是公认的具有确定性的知识;探试性知识(预测知识、猜测知识和判断性的内容),这种知识凭经验得到,往往带有很大的主观性,例如:名医会诊时,各个医师的看法不同。

专家知识的表达 知识必需形式化才能存入计算机,一般组成一个或多个知识库。它是用(目标或称事实)和(规则)来表示知识。(目标)是指一组事实、一个特性、一个断言或一个结论。目标的表达形式是:是什么、有什么、做什么。

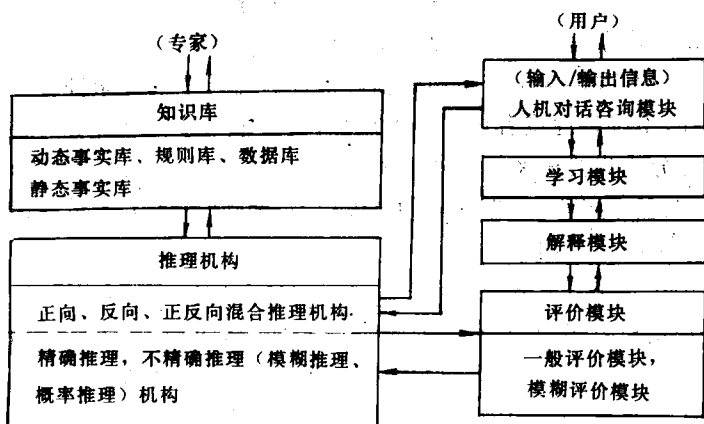


图 1-1 专家系统基本组成图

〈规则〉是描述事实与事实间的因果关系。规则的表达形式是：如果 M, 那么 N。

一般知识(事实)体系描述了事实与事实之间的各种关联(因果关系、隶属关系、先后顺序关系...)。专家系统中知识表达较多地采用本书后述的语义网络图和框架结构。知识管理系统的功能包括编译、修改、存储、增删和检查知识的完备性和事实的矛盾性。

专家知识的推理系统 推理系统是基于规则的推理判断系统,即应用规则到结论的系统。基本做法是输入事实,依次检索一组规则,并从中选用相应的规则,得出结论。

〈例如〉规则 1:如果空气滤清器堵塞(前提 A),那么燃烧不完全(结论 B);规则 2:如果燃烧不完全(前提 B),那么排气冒黑烟(结论 C)。

推理的类型分为结论型推理(向前推理)和前提型推理(向后推理)。

向前推理是输入事实 C(排气冒黑烟)推出 B,推出 A 前提。检索有关规则后,得出结论是空气滤清器堵塞(A)。

向后推理的输入事实 A(空气滤清器堵塞)推出 B, 推出 C 结论。检索有关规则得出结论是排气冒黑烟(C)。

客观事实不一定均能精确推理。对一些前提条件存在不充分性、不确定性或者规则不可靠性,就要采用不精确推理。不精确推理分为先验概率推理和模糊推理。于是就存在一个置信度问题(可靠、基本可靠,可靠到某种程度以及完全不可靠)。置信度需要在专家系统反应出来。

人机交互接口 专家系统与 CAD 系统一样要求人机之间友好及和睦相处。专家系统应能直接与专家对话,将专家知识不断充实入专家系统。专家系统还能与用户对话,要求专家系统能识别和接受自然语言和图象以及规定的字符含义。

CAD 技术与专家系统的区别归纳如下:CAD 技术是基于数据库的数字处理系统,研究和运用运算方法,通过迭代完成工作,是带人机交互的批处理程序系统,专家系统是基于知识库的符号处理系统,研究和运用启发式法,通过推理完成工作,是一个人机交互式系统,具有很强的透明性。

3. CAD 技术与专家系统的结合

CAD 技术与专家系统各有其特点,如果把二者有机结合起来,就可以看到专家系统的人工智能技术对 CAD 技术的深远影响。早在 1965 年,CAD 处于初期阶段时,COONS 等就对 CAD 的发展作出了很有预见的分析:…如果计算机要在创造性过程中有较大的用场的话,那就需要人机之间更加密切和连续地交换意见。而这种交换,必须具有这样的气质,即与人们性情相宜的多种思维形式,不论是词语、符号、甚至图象,都能被机器理解,并由机器人按照人们的意图采取行动。这个预言,用今天的话来叙述,就是,真正有效的 CAD 系统必须不仅能很好地处理数据,而且采用人工智能的原理和方法,还能取得使用计算机进行创造性的辅助设计。一个智能型 CAD 系统的突出特点是具有智能和很强的反馈能力。

专家系统的知识表达可以用来估计参数的取值范围、限制数

据库数据的检索范围以及控制数据的流向,它将改进 CAD 数据库管理工作。通过多种模式识别技术与 CAD 技术结合,就能加强人机间的交互能力;充分发挥人机通讯的潜力,能够灵活地快速地决定设计方案和结构形式,减少了优化工作的工作量。专家系统的直觉探索技术大大扩展了 CAD 的能力。它改进了 CAD 问题的求解策略,可以直接对设计方案、事物状况及发展的前景作出单项或者综合的评估和评价。例如,对农业的估产,评价某油田开采价值,对某一设计方案的评估分析。利用专家的知识 and 经验,不仅能被动地进行计算,而且能主动地提出设计方面的建议;不仅能解释,还可以进行辩护。

CAD 技术与专家系统的结合是克服 CAD 深入发展出现困难的有效途径,使人们从数据信息处理和绘图信息处理过渡到利用知识符号的知识信息处理。从运算操作过渡到符号操作和符号推理。人工智能技术引入 CAD,在 CAD 系统中不断增加智能化内容是目前国内 CAD 技术发展的必然趋势。

机械设计法的经历是:经验类比方;常规理论设计;单目标的优化设计;多目标优化设计;模糊优化设计;仿真与优化设计结合;仿真人工智能优化和图形绘制结合。

理想的专家系统不但弥补 CAD 技术的不足,还能弥补专家本身的不足之处。比如,专家处理信息和采取行动的速度慢;记忆和动作的准确性差;会产生疲劳和遗忘以及专家在知识的继承上花费时间太多,甚至失传。

以下以吉林大学与中医科学研究院研制的皮肤科专家咨询系统(ZRR82)为例,来说明专家系统的功用。

该系统模拟了中医科学研究院研究员皮肤科专家朱仁贵中医辨证施治的思维过程。

系统是通过专家知识的获取,知识的表达,知识库的建立,产生式规则推理网络和语言理解模块的编制而形成的。

系统的特点: