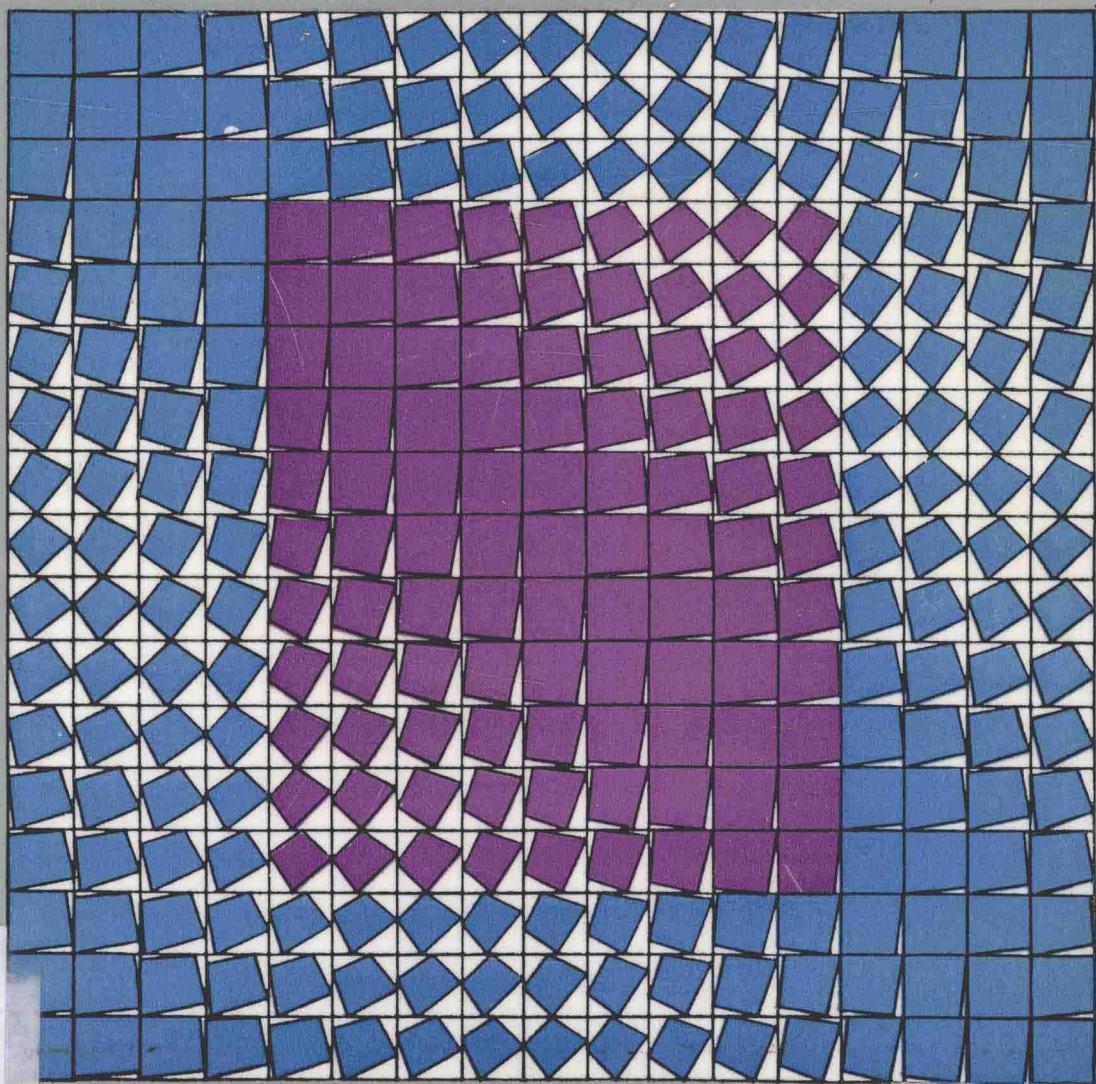


专家系统的结构和应用

王申康

编著

浙江大学出版社



专家系统的结构 and 应用

王申康 编著



浙江大学出版社

(浙)新登字 10 号

内 容 简 介

本书论述了建立专家系统的基本技术和实用方法,并系统地介绍各类专家系统的结构和其所能求解的问题类型。全书分四部分。第一部分共五章,介绍专家系统的基本概念、知识表达、推理机制和知识的不确定性。第二部分论述专家系统的一般结构和对各类任务的相应结构选择,这是本书的重点。第三部分共六章,剖析了各类典型专家系统 MYCIN、PROSPECTOR、AM、TEIRIASIA 和 GAI 的结构及实现方法。第四部分罗列了一些专家系统在其它领域中的应用,主要介绍在教学上的应用(ICAI)。

本书可作为知识工程师、专家系统开发人员的工具和参考书;亦可作为高等院校研究生和高年级本科生的教材使用。

专家系统的结构和应用

王申康 编著

责任编辑·王 宇

* * *

浙江大学出版社出版

浙江大学出版社计算机中心电脑排版

德清第二印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

* * *

787×1092 16 开 21.5 印张 523 千字

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月第 1 次印刷

印数:0001—1500

ISBN 7-308-01353-7/TP·112 定价:10.20 元

前 言

专家系统是人工智能发展的三大前沿(模式识别、专家系统、智能机器人)之一,它已广泛地用于医学、化学、地质、数学、教学、军事、生物学等领域,并取得了有经济价值的效果和巨大的社会影响,已为全世界所重视。就是人工智能的其它分支,如模式识别、智能机器人等研究领域也日益感到有必要引入专家经验,使之成为一个有知识基的系统,以开拓其广泛的应用和学科的研究。国外已有几十个机构(有的属于全世界)从事专家系统和专家系统构造工具的研究。国内的研究也日益发展。“七·五”科技攻关项目中实用专家系统的研究已取得了丰硕成果,同时各类专家系统工具的研究也趋于国际前沿水平,浙江大学研制的 DEPS、ZEP 等工具及中国科学院等单位研制的“天马”系统都在实际的专家系统开发中得到了广泛应用。专家系统作为一门学科,仍未完全成熟,当然,我们不能等闲视之,我们要在技术上、应用上开辟新的途径,借鉴已成熟的、或已有初效的系统为本国的实际需要服务,这是一条简捷而有效的道路。浙江大学何志均教授从 1978 年起开始研究专家系统时就指出“专家系统的出路在于应用”,在他的指导下研制了我国最早的专家系统之一“蚕育种专家系统”,为专家系统的研究开拓了新的天地。

本书是作者在 1985 年为研究生的“专家系统”课程编写的教材《专家系统的结构和应用》的扩充再版。该教材是在当时专家系统的教材比较缺少的情况下匆匆写成的。虽然起了抛砖引玉的作用,但还是很不完善,可以说是很粗糙的。事隔数年,目前国内已有许多优秀的专家系统书籍问世,但感到该教材再经补充完善,还是有可取之处的,所以在许多同行、专家的鼓励、支持下重新整理出版此书,正如原教材前言所说,本书的目的是通过对一些典型专家系统的剖析,为想用专家系统来解决本专业问题的读者提供一些方法和途径。本书还归纳了专家系统所能解决的问题类型及其可采用的结构,使读者对专家系统的形象感到真实,而激发自己动手建立一个你自己专用领域的专家系统。尽管人工智能的发展道路坎坷不平,但建立一个高性能的实用系统必定是有前途的。

本书共十二章,分四个部份。第一部份(第 1~5 章)介绍了专家系统的基本概念和技术,第二部份(第 6 章)介绍专家系统所能处理的任务及其各种专家系统结构的分类,第三部份(第 7~11 章)是这些结构的实例化,重点介绍 MYCIN, PROSPECTOR, TEIRESIAS, AM 和 GAI 等系统,这些系统基本上概括了目前专家系统的各种结构,第四部份介绍专家系统在其它一些领域中的应用,以开阔我们的视野。

本书是作者十余年来在进行专家系统的研究、报告和讨论的基础上写成的。在编写过程中得到许多先辈的指导。有些材料直接取于会议报告、杂志文章,在此向有关作者表示感谢。由于作者水平有限,加之近十年来,专家系统的研究发展很快,新思想、新

技术,层出不穷,新的研究领域不断地涌现,因此,在本书中疏漏和错误一定不少,恳切希望读者提出宝贵意见。

最后对参加本书编写的夏虹、占宇飞、俞妙送等同志表示感谢,他们为本书的资料收集、整理、制图付出了辛勤的劳动。

王申康

1993.1 于浙江大学

目 录

1 专家系统引论

1.1 概 况	1
1.1.1 什么是专家系统	1
1.1.2 专家系统的历史和发展	6
1.2 专家系统的特点	15
1.2.1 专家系统的特性	16
1.2.1.1 知识表示	16
1.2.1.2 知识转移	18
1.2.2 专家系统和其它系统的区别	19

2 专家系统设计的基本概念

2.1 符 号	22
2.2 搜 索	25
2.2.1 基本搜索法	26
2.2.1.1 深度优先法(Depth First Search)	27
2.2.1.2 广度优先法(Breadth First Search)	28
2.2.2.3 爬山法(Hill Climbing)	28
2.2.2 基本搜索策略	30
2.2.2.1 回溯策略(Backtracking Strategies)	30
2.2.2.2 图搜索策略(Graph Search Strategies)	31
2.2.3 启发式搜索策略(Heuristic Search Strategies)	32
2.2.3.1 估价函数	33
2.2.3.2 A*算法	34
2.2.4 与或图搜索	36
2.2.5 抽象空间搜索	39
2.2.6 生成——测试法	40
2.3 符号推理	41
2.3.1 假设与约定	41
2.3.2 从属性和判断	42
2.3.3 约束与目标	44
2.3.4 分解为元问题	45

3 专家系统中的知识表达技术

3.1 知识的定义	47
3.2 知识表示的属性	49
3.3 知识表示模式	51
3.3.1 逻辑模式	51
3.3.2 产生式规则表示法	53

3.3.3	语义网络表示法	55
3.3.4	框架模式	58
3.3.5	脚本模式(Script)	62
3.3.6	多层次知识模块表示法	63
3.3.7	过程模式	64
3.3.8	知识表达语言	65
3.3.9	神经网络表示法	66
4	专家系统中的推理机制	
4.1	推理方式	69
4.1.1	演绎推理	69
4.1.2	归纳推理	71
4.1.3	非单调推理	72
4.1.4	定性推理	74
4.1.5	不精确推理	77
4.2	推理控制策略	81
4.2.1	冲突消解策略	82
4.2.2	后向链控制策略	84
4.2.3	前向链控制策略	87
4.2.4	混合控制策略	88
4.2.4.1	中间——结局分析法	89
4.2.4.2	计划—生成—测试策略	91
4.2.4.3	双向推理技术	92
4.2.5	多级控制策略	93
5	专家系统中的不确定性	
5.1	不确定信息的表示和处理	95
5.1.1	数值方法	96
5.1.2	非数值方法	97
5.2	主观 Bayes 方法	100
5.2.1	Bayes 公式的修改形式	100
5.2.2	Bayes 修改公式的实际应用	104
5.2.3	证据合成	106
5.3	信任度的应用	108
5.3.1	信任度	108
5.3.1.1	信任度的完备标准	108
5.3.1.2	绝对信息量 $C(H)$ 和相对信息量 $C(H E)$	109
5.3.1.3	信任度的设计方法	112
5.3.2	信任度在 MYCIN 系统中的应用	113
5.3.2.1	CF	113
5.3.2.2	证据组合	115
5.3.2.3	可信度叠加	116

5.3.2.4	CF的两个极值问题	117
6	专家系统的任务和结构	
6.1	专家系统的任务	120
6.2	专家系统的一般结构	123
6.3	专家系统结构的选择	127
6.3.1	知识和数据可靠的简单任务:穷尽法	127
6.3.2	求解空间大,但可划分子空间的任务:生成——测试法	129
6.3.3	空间大而可分,但无评价部分解的任务:空间抽象——匹配法	131
6.3.4	子问题相关的任务:最佳调度法	133
6.3.5	无固定的子问题划分方法:由顶向下逐步完善法	136
6.3.6	子问题互相作用:最小约束法	137
6.3.7	大型求解空间有大量类似解,或知识不全:试探法	140
6.3.8	求解空间不可测:猜测方法	143
6.3.9	求解问题的知识面宽而复杂:多知识表达法	144
6.3.10	数据不全、不可靠:非精确性推理法	146
6.3.11	求解空间状态和数据随时间而变化:状态算法	148
7	规则基专家系统——MYCIN	
7.1	概述	152
7.2	系统的知识表达	157
7.2.1	静态知识基	157
7.2.1.1	规则基	157
7.2.1.2	静态知识表	168
7.2.2	动态数据基	169
7.2.2.1	患者数据	169
7.2.2.2	动态记录数据	170
7.2.2.3	上下文结点类的特性	171
7.2.2.4	有关上下文树信息	171
7.3	系统控制结构	172
7.3.1	规则调用方法	172
7.3.2	推理网络	175
7.3.3	上下文树	178
7.3.4	临床参数的追踪步骤	180
7.3.5	基本控制结构的变异	182
7.3.5.1	MAINPROPS	182
7.3.5.2	先行规则(ANTECEDENT RULES)	182
7.3.5.3	自参考规则(SELF—REFERENCING RULES)	183
7.3.5.4	映射函数(MAPPING FUNCTION)	183
7.3.6	选择治疗方案	184
7.3.6.1	编制治疗方案	184
7.3.6.2	选择最优处方	185

7.4	信任度计算模型	186
7.5	知识获取	187
7.6	一个咨询例子	188
8	语义网络专家系统——PROSPECTOR	
8.1	概述	191
8.2	系统知识	192
8.2.1	地质知识的表达和应用	192
8.2.2	系统中的语义网络	195
8.3	推理网络	199
8.3.1	推理网络的概率传递	199
8.3.2	推理网络的转换	202
8.3.3	网络参数估计	204
8.3.4	用户界面	207
8.4	控制策略	209
8.4.1	初始条件	209
8.4.2	自动提交信息	210
8.4.3	标记 I 搜索算法	210
8.4.4	状态和信息产生	212
8.4.5	J* 评价函数	213
8.4.6	结束条件	214
8.5	矿床模型设计	215
8.5.1	模型设计	215
8.5.2	模型性能评价	216
8.6	一个咨询例子	219
9	框架式专家系统——AM	
9.1	概述	222
9.2	系统知识表达	223
9.2.1	概念的表达	223
9.2.2	平面的表达	225
9.2.3	启发式规则	233
9.2.3.1	启发式规则形式	233
9.2.3.2	启发式规则提出新任务	234
9.2.3.3	启发式规则建立新概念	235
9.2.3.4	启发式规则填充一个平面	237
9.2.3.5	相关启发式规则的收集	239
9.2.3.6	AM 的启发式规则基	241
9.3	控制策略	243
9.3.1	AM 的搜索	243
9.3.1.1	概念的存贮	243
9.3.1.2	AM 的任务	243

9.3.1.3	AM 搜索的约束	245
9.3.2	事件表	245
9.3.3	全局评价函数	246
9.4	AM 的实现	247
10	模型驱动型专家系统——GAI	
10.1	概述	248
10.1.1	背景	248
10.1.2	例题	249
10.2	系统控制	251
10.2.1	控制过程	251
10.2.2	数据检查	252
10.2.3	生成器约束	253
10.2.4	生成假设	253
10.2.5	评审候选结构	256
10.2.6	性能评价	256
10.3	和 DENDRAL 的比较	257
10.3.1	DENDRAL 程序介绍	257
10.3.2	GAI 和 DENDRAL 的比较	258
11	知识基管理专家系统——TEIRESIAS	
11.1	概述	260
11.1.1	知识和元知识	261
11.1.2	TEIRESIAS 和 MYCIN	263
11.2	系统的元知识表达	265
11.2.1	规则模型	265
11.2.2	数据结构程式	267
11.2.3	元规则	272
11.3	系统元知识的应用	273
11.3.1	知识获取	273
11.3.1.1	规则获取	274
11.3.1.2	概念元获取	278
11.3.2	解释	281
11.3.3	知识管理策略	283
12	专家系统在各领域中的应用	
12.1	在医学上的应用	285
12.1.1	CASNET	285
12.1.2	INTERNIST	286
12.1.3	PIP(Present Illness Program)	288
12.1.4	Digitalis Therapy Advisor(洋地黄治疗建议)	290
12.1.5	IRIS	290
12.1.6	EXPERT	292

12.2 在化学上的应用.....	293
12.2.1 CONGEN 系统和它的扩展	294
12.2.2 元 DENDRAL 系统.....	294
12.2.3 CRYSALIS 系统	296
12.2.4 在有机合成中的应用.....	297
12.3 在教育上的应用.....	298
12.3.1 SCHOLAR	300
12.3.2 WHY	302
12.3.3 SOPHIE	304
12.3.4 WEST	307
12.3.5 WUMPUS	309
12.3.6 GUIDON	310
12.3.7 BUGGY	314
12.3.8 EXCHECK	315
12.4 工程咨询系统.....	317
12.5 在数据库管理中的应用.....	319
参考文献	323

专家系统引论

1.1 概 况

1.1.1 什么是专家系统

专家系统作为人工智能的一个分支,它的发展是离不开人工智能的开创和成长的。正是在人工智能的发展过程中,人们逐步地认识到专家系统这一领域的潜在作用和应用。已取得的成果具有如此之大的价值,使人工智能的研究者坚强了斗志,而且那些对人工智能持怀疑甚至反对态度的人也只得刮目相看,不得不承认人工智能的威力,而那些有远见的企业家更是大量搜罗人工智能专家,藏之于密室,为他们的企业增加财富,应运而生的“第五代计算机”更是令人神往,这一切无不有专家系统的功劳。所以人工智能培育着专家系统,而专家系统又促进了人工智能的发展。

人工智能(Artificial Intelligence,简称 AI)这一名称由 J. McCarthy 于 1955 年首次提出,但 AI 作为一门学科的提法,是 MIT 的 M. Minsky 在给控制论下的经典定义中给出的。他认为控制论是由三个不同的研究领域组成的:

- 有生命体的仿真模型(人、动物和他们的器官)
- 自发展系统
- 人工智能

在计算机科学范畴内,AI 定义为研究用于设计和制造能完成过去只有人才能完成的某些功能的软件和硬件系统的基本理论、技术和方法的一门学科。定义的重点是放在制造可以用实验进行考核的系统上。从 AI 立场出发,也只有这样才能给所得结果提供一个客观评价,所以也可以说 AI 是一个实验性的科学。随着 AI 的发展,它逐渐地形成了三个主要方向。

1. 更加注重对 AI 的基础方法和技术的研究(问题求解的两个方面:知识表达和推理技术)。

2. 注重能向多种形式的 AI 系统(自然语言理解、机械手、视觉、作曲、程序设计、问答系统等等)提供基本理论和方法的一些范围明确、基础较好的特殊领域的研究。

3. 注重将 AI 领域中的模型系统和基本结果用到实际中去。尽管目前这些应用和 AI 的最终目的相差甚远,但对设计先进的计算机应用系统已能提供有用的创新性的解决方案(计算机辅助教育、智能数据库、自然语言接口、专家系统、计算机辅助设计等)。

这三个方面的形成,导致了把人工智能的技术和方法与实际应用结合起来,早期的 AI 学者旨在探索人的思维奥秘,总是希望能像飞机有空气动力学为其基础理论那样,摸索出人的思维原理。随后可以根据这原理去重构人的思维和智能行为,甚至去创造出一些人所未能及的行为(当然,这引起哲学家们的极大愤怒,机器超过了人!)。这种企图用一种通用的知识

表达和思维推理来模拟一个智能人的努力,也取得了一些进展,但只能局限于一些游戏和智力性难题的求解。看来科学家们只在实验室里进行人工智能的原理和方法研究是远远不够的,也是走不通的。

DENDRAL (E. Feigenbaum, 斯坦福大学)系统是第一个启发式程序和具有大量专门知识的实用智能系统,它的问世第一次显示了知识的组织对 AI 研究的重要作用,使得 AI 研究从实验室走向了现实世界,显示出 AI 研究的实用价值。因此, DENDRAL 系统的问世,标志着 AI 研究的一个崭新的应用领域——专家系统的诞生,所以 Feigenbaum 被称为专家系统之父。

Feigenbaum 把专家系统定义为:

“……一个使用知识和推理过程来解决那些需要杰出的专业人员才能解决智能程序。在这一层次上解决问题所必需的知识,加上推理进程,可以认为是对从事该领域的专家水平的模拟”。

专家系统的知识由事实和启发信息组成。“事实”一般要得到某一领域内专家的公认,从而组成一个可以共享的公用数据库。“启发信息”主要是专门的有效判断规则(似真推理,好的猜测规则),这些规则是从该领域的专家决策中提取出来的。专家系统的处理水平主要与它拥有的知识库的大小和好坏有关。

Feigenbaum 把建造专家系统的人称为“知识工程师”,把建造专家系统的科学、技术和方法学综合称为“知识工程”。过去,由于系统是通过和某个公认的专家进行对话,得到该专家的知识而建立的,因而使用了“专家系统”这个词。然而近来一些系统已经包含了有相当难度的决策知识,不能再和某一个专家等价了,因而现在多数知识工程师乐于用“知识系统”来说明他们的系统。同样,也避免了人们的陈旧观念,即认为所有的系统都只是根据某一专家的知识建立起来的。“知识工程”的提法也就很快得到普及。

下面是一个著名医疗专家系统 PUFF 的运行实例:

假设你是一位在实验室工作,研究肺功能的生理学家,刚对一位患有呼吸道阻塞(OAD)的病人做完检查。一般来说,你要研究一下所得的结果,包括对病例中的数据进行说明。但是,这样做很困难。在今天,你可以借助于 PUFF 专家系统所提供的结果,代替口述或书写。

用户可在计算机终端上启动 PUFF,依次输入描述肺吸进及呼出空气量的实验数据。规定:由用户所提供的信息前面加双星号(* *),并且用粗体字表示;PUFF 的提问和响应用印刷体表示;括号中是解释或说明。

19-11-79

14:41:28

* PUFF *

(PUFF 向用户提问肺功能检查的结果及与患者有关的数据,然后执行规则搜索诊断结论)

病号—7

1) 患者识别号

* * 7446

2) 诊断参考

* * 哮喘病

(RV, TLC, FVC 等,是肺部检查的测量值)

3)PV/RV—预测

* * 261

4)TLC(body box)观察或预测

* * 139

5)TLC(DLCO)观察或预测

* * 111

6)FVC/FVC 预测

* * 81

7)FEV₁/FVC 比值

* * 40

8)F5025 斜率

* * 9

9)FEV₁/FVC 临界值

* * 77

10)MMF/MMF 预测

* * 12

11)DLCO/DLCO 预测

* * 117

12)FEV₁ 变化(膨胀后)

* * 31

13)阻抗变化(膨胀后)

* * 2.0

14)咳嗽是否严重

* * 无咳嗽

15)连续抽烟的包数(年)

* * 17(包数(年)=每天抽烟的包数×患者吸烟的年数)

16)呼吸有困难吗?

* * 没有

对话结束后,PUFF 先将某些描述肺功能的重要数据打印出来:

数据概要

吸吸困难程度:不困难

咳嗽是否严重:无咳嗽

吸烟包数(年)=17

诊断治疗:哮喘病

PV/RV 预测:261

FVC/FVC 预测:81

TLC (body box)观察或预测:139

FEV₁/FVC 比值:40

MMF/MMF 预测:12

DLCO/DLCO 预测:117

F5025 斜率:9

最后,PUFF 给出对数据的解释,并给出肺病的诊断:

解释:

阻碍由流量环曲率来表示

- 肺活量正常,但 FEV_1/FVC 比太低,可能是气管受到阻塞。低偏中的呼出气量与气管严重阻塞的结论相吻合。
- 支气管扩张后引起的呼出气流变化率表明气管阻塞的可逆性。扩张后呼出气量变化率的改善也表明气管受阻的可逆性,并和气管受阻情况的改善相一致。
- 支气管扩张后引起的反应与哮喘条件一致,它们的作用得到证明。
- 高扩散能力与哮喘病一致。
- 高肺活量表明过度的气胀。
- 气管受到阻碍与病人吸烟的历史有关。
- 一氧化碳在肺中的扩散能力正常。
- 哮喘型的气管障碍病。

以上是旧金山太平洋医疗中心肺功能实验室病历卡上的一个真实例子,只不过患者的识别号做了改动而已。之所以选择这个例子,是因为它是一个典型的 OAD 病例,在诊断中具有代表性。在 Stanford 开发的启发式程序设计规划上发展起来的 PUFF 专家系统,已在实验室中处理日常工作;它提供的报告中,不做任何修改即可接受的占 95%。

为了指出 PUFF 和肺内科专家所给出的诊断结果的共同点,有以下两组相同的测量和观察情况。首先图 1.1 给出了一组实际的测量值和解释性陈述。图中所列的检测值是由实验室仪器收集的。肺内科专家的诊断结果以口述的形式记录在病历报告里。患者的一个测量试样是肺活量(TLC),即最大吸气量,列在表中的第四行。该患者的 TLC 是同样性别、身高、体重的普通病人的 129%,这样高的 TLC 表明患者有气管阻碍疾病。所有解释及最后诊断都是根据对肺检查所做的测量进行综合考虑推理所得。

PUFF 做出的解释具有图 1.2 的形式。患者在四年前受过检查。关于肺功能的检查数据预先设置好,接下来是对病因的解释语句,像前例一样,肺内科专家对 PUFF 的报告做检查之后,如认为有必要,可以要求打字员在诊断结果中做一些更动。

PRESBYTERIAN HOSPITAL OF PMC
CLAY AND BUCHANAN, BOX7999
SAN FRANCISCO, CA 94120
PULMONARY FUNCTION LAB
WT 40.8 KG. HT 161 CM, AGE 65. SEX F
REFRRAL DX—

TEST DATE 5-13-76

	PREDICTED	OBSER	POST DILATION
	(+/-SD)	(%PRED)	OBSER(%PRED)
INSPIR VITAL CAP(IVC)	L 2.7(0.6)	2.3(83)	
RESIDUAL VOL (RV)	L 2.0(0.1)	3.8(193)	3.1(154)
FUNC RESID CAP(FRC)	L 4.7(0.7)	6.1(129)	5.5(116)

TOTAL LONG CAP (TLC)	L 2.9(0.3)	4.6(158)	3.9(136)
RV/TLC %	42.	62.	55.
FORCED EXPIR VOL(FEV ₁)	L 2.3(0.5)	1.5(66)	1.6(71)
FORCED VITAL CAP(FVC)	L 2.7(0.6)	2.3(85)	2.4(88)
FEV ₁ /FVC %	82.	64.	66.
FORCE EXP FLOW200—1200	L/S 3.6(0.8)	1.8	1.9
FORCED EXP FLOW25—75%	L/S 2.6(0.5)	0.7	0.7
FORCED INS FLOW 200—1200	L/S 2.5(0.5)	2.5	3.4
AIRWAY RESISTANCE(RAW)			
(TLC=6.1)	2.5	1.5	2.2
DF CAP—HGB=14.5 CDSBCO	(TLC=4.8)	2.3	17.4(74)

解释:

肺活量偏低,在肺中驻留的气体几乎是所容许的极限,表明过度气肿。这 and 低 FEV₁ 值,流速的低峰值及流量环曲率所表明的有一定程度的严重气管阻碍一致。根据 isoproterenol aerosol,没有主要的变化。

低扩散能力说明缺少肺泡毛细血管表面。

结论:气肿。确定的气管阻塞和低扩散力都表明患有较严重的肺气肿型气管阻碍疾病。虽然对 bronchodilators 没有反应。但长期使用后将会证明是有所帮助的。

肺功能诊断:气管阻塞疾病,较严重,气肿型。

图 1.1 内科医生口述关于肺功能的诊断报告

PRESBYTERIAN HOSPITAL OF PMC
CLAY AND BUCHANAN. BOX 7999
SAN FRANCISCO, CA 94120
PULMONARY FUNCTION LAB
WT 40.8 KG, HT 161 CM AGE 65, SEX F
REFERRAL DX—

TEST DATE 05/13/80

	PREDICTED (+/-SD)	OBSER (%PRED)	POST DILATION OBSER(%PRED)
INSPIR VITAL CAP (LVC)	L 2.7	2.3(86)	2.4(90)
RESIDUAL VOL(RV)	L 2.0	3.8(188)	3.0(148)
TOTAL LUNG CAP(TLC)	L 4.7	6.1(130)	5.4(115)
RV/TLC%	4.3	62.	56.
FORCED EXPIR VOL (FEV)	L 2.2	1.5(68)	1.6(73)
FORCED VITAL CAP (FVC)	L 2.7	2.3(86)	2.4(90)
FEV ₁ /FVC%	73	65.	67.
PEAK EXPIR FLOW (PEF)	L/S 7.1	1.8(25)	1.9(26)
FORCED EXP FLOW 25—75%	L/S 1.8	0.7(39)	0.7(39)
AIRWAY RESIST (RAW)			
(TLC=6.1)	0.0(0.0)	1.5	2.2
DF CAP—HGB=14.5			
(TLC=4.8)	24.	17.4(72)	(74%IF TLC=4.7)

解释:

升高的肺活量表明气肿,特别地,RV/TLC比值的上升是由于较严重的气管阻塞,强制在容量(forced vital capacity)正常。FEV₁/FVC比和中度呼出气流(mid-expiratory flow)。但气管阻力却增大,表示有严重的气管阻塞。在气支气管方面,呼出空气流有一定程度的改善,可是阻力却没有下降,低扩散能力表明缺少气泡毛细管表面,不过是轻度的。

结论:低扩散能力、气管受阻,及过高的肺容量(total lung capacity),与气肿型疾病的诊断一致,虽然 bronchodilators 在这种情形下用处不大,但长期使用能使病人得益。

肺功能诊断:较严重的气管阻塞疾病,气肿型。

图 1.2 由 PUFF 使用 PDP-11 计算机产生的肺功能诊断报告

1.1.2 专家系统的历史和发展

1.1.2.1 专家系统的历史

专家系统是实用的人工智能技术。专家系统的发展历史,在一定程度上也是人们对人工智能如何投入实际应用所作的努力和探索的过程。

专家系统的发展可分为孕育、形成、成熟和发展四个过程。1955年“人工智能”这一术语的提出,为专家系统的孕育布下了种子,人类开始试图用计算机模拟人类智能各方面问题和特征。突破了传统程序中程序的处理以数据(流)为处理对象的界限,而根据人类思维的考察,人的思维过程,是以符号为主要处理对象。例如计划、解释和定理证明的演绎过程等,需要进行大量的非数值判断和逻辑推理,需要在问题求解过程中根据问题的常识和已有事实推出隐含的事实和知识。经过十年的探索和失败,AI研究者开始认识到,对智能行为本身来说,一个实际问题的求解,它不仅需要求解策略,而且还需要问题领域内的专门知识。

知识在智能行为中的地位开始引起 AI 研究者的重视,这就为以专门知识为核心、求解具体问题的知识基专家系统的产生奠定了思想基础,AI 研究开始从基于推理模型的通用问题转向基于知识模型的专门问题。

孕育了专家系统的另一个理论工具是 1960 年 J. McCarthy 研制的表处理语言 Lisp。Lisp 除了数值处理功能之外,它还可以方便地进行符号处理,使得计算机模拟人类思维的符号处理变为现实。

专家系统形成阶段的标志是 DENDRAL 系统和 MACSYMA 系统的诞生。

1965 年,Stanford 大学计算机科学系的 E. A. Feigenbaum 教授在研究了以往 AI 系统失败的经验教训基础上,与遗传学家、诺贝尔奖金获得者 J. Lederberg 及物理化学专家 C. Biggerassi 合作,开始了从化学数据推断分子假设的 DENDRAL 系统的研究。经三年努力,于 1968 年基本上完成了 DENDRAL 系统,它从分子及质谱数据推断分子结构的能力,达到了专家的水平。

与此同时开发的系统是由麻省理工学院的 Slagle(1961)开发的 SAINT 系统(MACSYMA 前身)。该系统用于微分和积分的符号运算,在化简符号表达式上是更胜一筹。它导入了一个“语义”模式匹配器,这实际上包含了两个概念,一个就是专家程序基本控制结构,一种模式调用过程,另一个是专用问题领域的匹配器简化了专家规则的表达。所以 SAINT 可以看成是一个模式制导专家系统的雏形。在 SAINT 的基础上,发展起 SIN, MATHLAB 直到 MAC-