

专家系统技术指南

[美] L. 约翰逊 E.T. 克拉夫诺

卢有杰 吴炜煜 王家厥 编译

世界图书出版公司

R319 ✓

80593

专家系统技术指南

[美] L. 约翰逊 E.T. 克拉夫诺 著

卢有杰 吴炜煜 王家底 编译

世界图书出版公司

1989年

L. Johnson E.T. Keravnou
EXPERT SYSTEMS TECHNOLOGY
A GUIDE

ABACUS PRESS 1985

专家系统技术指南

[美] L. 约翰逊 E.T. 克拉夫诺 著

卢有杰 吴炜煜 王家庥 编译

世界图书出版公司 出版

北京朝阳门内大街 137 号

人民交通出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1989 年 7 月第一版 开本: 787×1092 1/32

1989 年 7 月第一次印刷 印张: 8

印数: 0001-2,500 字数: 175,000

ISBN 7-5062-0342-1/TP·2

定价: 4.85 元

C0158018



内 容 简 介

通过分析和介绍 MYCIN、PROSPECTOR、PIP、INTERNIST-I、CADUCEUS、CASNET、ABEL、NEOMYCIN、CRIB 九个著名专家系统，阐述建造专家系统的原则、原理和技术方法。借助对各系统静态结构、动态结构、不同机构和实施技术的剖析，帮助读者深入理解专家系统的原理，以掌握建造技术，开发自己的专家系统。

ZV35/H
04

编译者的话

在人工智能走向实用化的进程中，专家系统的发展走在最前列。70年代以来，几个实用专家系统已在医疗诊断、地质勘探、化学分析和计算机设计等领域取得了引人注目的成果。这展示出专家系统在国民经济和科学技术各领域广泛应用的前景。国内也已研制成用于调度、勘探、医疗、农业等方面的专家系统。各种专家系统开发工具的出现，为专家系统建造者们提供了良好的开发环境和手段。以前的专家系统多是计算机专家和领域专家合作的成果。现在，一些领域专家已经在利用这些开发环境独立建造专家系统。因此，不仅计算机专家，而且有越来越多的其它领域专家希望了解专家系统技术及建造方法。

国外已出现了很多介绍专家系统的专著，国内也出现了一些专著和译著。本书是根据“EXPERT SYSTEMS TECHNOLOGY-A GUIDE”一书编译而成。书中结合九个有代表性的专家系统，具体阐述了建造专家系统的原则、原理和技术方法。剖析了各个系统的静态结构、动态结构，各种机构和实施技术。介绍各个不同的系统时使用了相同的专业术语。便于读者对各系统进行对比和理解。该书可以帮助读者深入理解专家系统的原理，掌握建造技术。可以作为专家系统建造者工作时的参考手册。

本书第十一章是编译者编写的。不确定性信息处理是专家系统最精采的技术之一。大多数专家系统都使用这种技术。

不确定性处理是伴随专家系统发展而产生并成长起来的一门新技术。它将成为知识工程的一个新的领域，在人工智能各领域发挥作用。它近年来受到人工智能学界的极大关注。这一章介绍了两种实用的方法，还介绍了几种新方法（包括数值方法和非数值方法）。

本书可供计算机科学技术领域的教师、科技人员、研究生和高年级学生参考，也可供其它各领域的专家系统建造者或关心专家系统的人们以及系统用户阅读。对从事思维科学、心理学、数学、生物学医学、各工程科学等工作的同志，都有参考价值。

本书第一、三、四、五章由卢有杰编译，第二、九、十章由吴炜煜编译，第六、七、八、十一章由王家庑编译，全书由卢有杰统编。由于我们对专家系统了解不深，编译经验不足，因此错误和不妥之处在所难免。欢迎有关专家及广大读者批评指正。在本书编译过程中，清华大学张钹教授始终给予热情的支持、鼓励和帮助，并审阅了部分稿件，对此深表谢意。

编译者

1987 年 12 月

前 言

(第 1 ~ 10 章作者前言)

人们对先进的信息技术抱有极大的兴趣，因此，对于所有从事这方面工作的人员，不论是计算机科学家、电气工程师，认知科学家还是实际应用方面的人员，本书都是一本有用的指南。他们中间的任何一位都感到有必要对专家系统进行比通常给出的更加深入一些的阐述，却又不希望在叙述中带有许多实施细节和这些系统设计者当时使用过的难懂的术语。崭露头角的知识工程领域的工程师也有同感。因此，希望带有这种愿望的人感到本书是一本可以满足其需要的手册。最后，我们认为我们自己的手稿经证明确是一份非常有效的参考资料，相信在成书之后也会担当此任。

在本书中，我们从概念上对几个专家系统进行了分析和介绍。介绍它们体系结构方面的新颖特点，正是这些独到之处才使我们把这几个系统选入本书。每一章的前面都有一段概述，接着就是对该章中要介绍的专家系统的静态结构以及动态结构的描述和说明。我们没有使用原来建立这些系统的人当时用过的术语，而是尽可能地使用通俗易懂的表达方式。这样做的目的是希望让他们曾使用过的概念，不管是明确定义的，还是隐含使用的，更容易为读者所理解，更容易进行比较。

我们要感谢许多参加设计这些专家系统的研究人员和其他人士，特别是那些同被选入本书的专家系统有关的各位，

感谢他们使这个领域成为人们的兴趣所在，并且具有经久不衰的重要性。花一番气力来了解他们用辛勤劳动换来的成果是很值得的。布鲁耐尔((Brunel)大学的人机研究组的成员们告诉我们两人，这本书的写法和内容很值得奉献给更多的读者，不要只留给我们自己组内的各个成员，对于他们的鼓励，我们两人也要表达谢意。

S. 海茨(S. Hatch)把书稿副本利用 SPELLBINDER 文字处理包敲进了 SUPERBRAIN QD，在此，我们也对她表示谢意。我们自己承担了对这份原始资料进行编辑的任务。错误和疏漏肯定还是会有，对此，雪莉和 SPELLBINDER 可就没有责任了。

L. 约翰逊 E.T. 克拉夫诺

1984 年 4 月

伦敦布鲁耐尔大学

目 录

第一章	引言	(1)
第二章	MYCIN	(20)
第三章	PROSPECTOR	(53)
第四章	PIP	(75)
第五章	INTERNIST-I	(94)
第六章	CADUCEUS	(113)
第七章	CASNET	(129)
第八章	ABEL	(155)
第九章	NEOMYCIN	(174)
第十章	CRIB	(191)
第十一章	专家系统中的不确定性	(209)

第一章 引言

引言这一章的目的是,使读者熟悉本书中述及到的领域,并简要地说明我们要在本书中使用的概念。(向不知道这些概念的读者介绍这些概念并不是本章的目的。)有关的概念分别在本引言的三个小节中给予说明。1.1节讨论会话式的专家系统,1.2节简略地介绍现在使用的主要的知识表示系统的概况,1.3节介绍专家系统在执行所承担的任务时使用的推理方法。在以后各章再对几个选定的专家系统分别进行讨论。本引言的最后一节先简要介绍这几个系统。

1.1 本书的侧重点

知识基系统就是对“知识”进行处理,以完成某一个任务或多个任务的系统。知识库中的知识是高度结构化了的符号数据,它代表了数据元素以及这些数据用途之间关系的模型。知识基系统的性能取决于两个方面,知识库中有关事实的知识的质量(结构、完备性、有效性、一致性,等等),以及使用这种知识的方式。(见 Johnson 和 Hartley, 1981 年; Addis 和 Johnson, 1983 年)

专家系统的研究范围是知识基系统的一部分。把专家系统技术应用到某一知识领域的前题是,该领域有人类专家。专家系统这个领域研究建造具有领域专门知识的人机系统的方法和技术。在某种程度上可以说,专家系统掌握了基本的

领域原理(以及较弱的一般方法),用以解决复杂的问题,同用户进行智能的对话(见 Johnson 和 Keravnou, 1983 年)。因此同样可以说,专家系统就是解释、诊断、预测、指导、监督、分析、咨询、规划或设计的系统。

专家咨询系统

目前,大多数专家系统都同用户进行对话,计算机充当“顾问”。计算机系统根据它掌握的知识以及用户提供的符号数据向用户提出建议,供用户选择。通常,当决策已经做出,或者建议已经提出时,人机对话过程就告结束。在本书中,我们只考虑专家咨询系统,这种系统是专家系统一个很大的子类的统称。“咨询”这两个字鲜明地反映了这类系统最重要、最显著的特点,即,这些系统是交互式的计算机系统。图 1.1 按本书作者的观点对计算机系统进行了分类。

咨询系统中极其重要的过程就是从已知的信息(或称“已了解”的概念)转移到未知信息(或称“未了解”的概念)的过程。专家咨询系统的用户“观察”到了该系统专业领域内的某个具体状态,将这些观察提交给系统。举一些这种状态的例子:某个生了病的人,出了毛病的机器,某一地区(评价储矿点),出现了问题的工作环境。根据这些观察,系统进行推理,提出新的能产生高水平信息的研究路线。对话一直进行到该系统找到对这些观察最可信的解释。一旦找到某个最可信的解释,该系统还可能接着提出一些建议。

会话的方式

有两种基本的会话方式: 1) 用户主动的, 2) 计算机主动的。

在用户主动的方式中系统仅限于响应用户的请求。系统得出的任何结论或建议的准确性要受到用户提供的输入信息

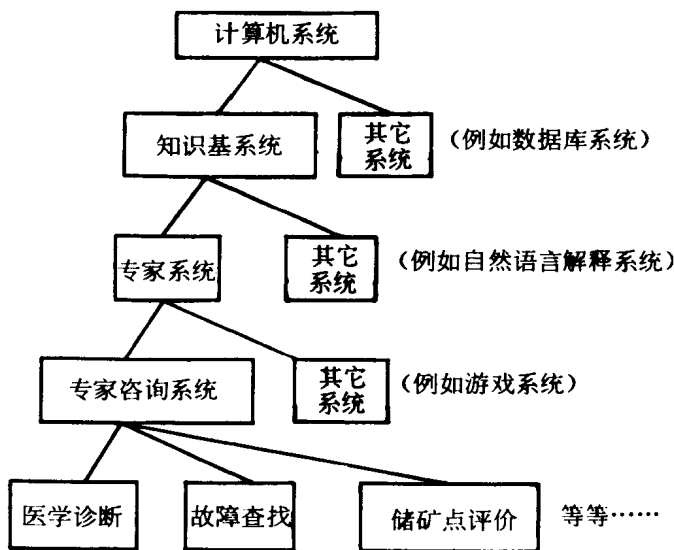


图 1.1 从知识基系统的角度对计算机系统的分类

数量的影响。要不要寻求更准确的结论或建议完全要看用户的意向。如果用户对系统当前的输出不满意，可以在仔细研究这些输出之后再以规定的方式提出下一个要求。

在计算机主动的方式中用户只须响应系统的请求。系统从一个预先规定的任务开始（通常是一个非常笼统的任务，例如，“为这名患者开出最好的治疗处方”），接着系统要求输入数据以便能够执行这个任务。这个过程并不是一成不变的，因为系统要对输入数据进行推理，再根据推理得出的结论要求进一步输入数据。

从专家咨询系统的角度来看，理想的会话方式是双方主动的，这样，主动权可以从一种基本方式转换到另一种基本方式（用户和计算机互相提示对方）。

1.2 知识表示方法

用于表示知识的方法应当便于在计算机上实现。主要的表示方法有：谓词演算、联想网络、框架和规则。这一节对这几种表示方法进行扼要的说明。

总的来说，表示方法应该考虑两个方面，一方面是人的理解，另一方面是计算机实现。因此，我们要把知识表示方法和知识表示语言区别开来，表示方法针对人的理解以及知识提取的方法等方面，而语言是实现表示方法的手段，因而就产生了控制和效率的问题。人们发现，某些语言直接受到表示方法的影响。我们想要在此说明一点，就是谓词演算既看成是表示方法又可以看成是一种语言的基础。当被看成是一种语言时，谓词演算可以象任何一种语言一样被用来实现任何一种表示方法。逻辑程序设计被看作是专家系统工作的基础，这种看法的理由是要让系统有一个语义清晰的高级语言。人们可以接受或拒绝这些看法，至于是否承认或否认谓词演算是唯一可用于考虑知识表示的方法，则与此无关。

为了便于我们阐述上述表示方法，我们利用一个非常普通的事实知识作为例子，用这些表示方法来表示它。

“某人所患疾病属于 A 类型疾病，其症状是 X 和 Y。B、C 和 D 就属于这种病。患有疾病 B 的某人除了症状 X 和 Y 之外还有症状 Z。”

上面这一知识的概念结构非常简单：我们将疾病分类，根据经验将疾病分类中的每个结点同某些症状联系起来，同某类疾病相联系的症状也为这一类型中的所有特例所共有（换句话说，同这一分类的某一元素相联系的症状被它的所有后辈元素所继承（属性继承））。

1.2.1 谓词演算

（一阶）谓词演算可用作知识表示系统的基础（见 Nilsson（1980年），第4、5章）。下面就用这种方法来表示上面那一个知识。

1. 对所有的疾病 x 和 y ，
 如果 x 是 y 类型，那么
 对所有的症状 s ，
 如果 s 同 x 相联系，那么
 s 同 y 相联系。

就变成了

1. $\forall x \forall y ((\text{DISEASE}(x) \wedge \text{DISEASE}(y) \wedge$
 $\text{CATEGORY}(x, y)) \Rightarrow$
 $(\forall s ((\text{SYMPTOM}(s) \wedge \text{ASSOCIATED-WITH}$
 $(s, x)) \Rightarrow$
 $\text{ASSOCIATED-WITH}(s, y))))$

2. 对所有的人 p 和疾病 x ，
 如果 p 患有 x ，那么

对所有的症状 s ,
 如果 s 同 x 相联系, 那么
 p 表现出症状 s 。

就变成了

2. $\forall p \forall x ((\text{PERSON}(p) \wedge \text{DISEASE}(x) \wedge \text{SUFFERS-FROM}(p,x)) \Rightarrow$

$(\forall s((\text{SYMPTOM}(s) \wedge \text{ASSOCIATED-WITH}(s,x)) \Rightarrow$

$\text{EXHIBITS}(p,s))))$

3, 4, 5, 6 ——是一种病; 7, 8, 9 ——是一个症状

10, 11, 12 ——直接属于——;

13, 14, 15 ——同——相联系

就变成了

3. DISEASE(A)

4. DISEASE(B)

5. DISEASE(C)

6. DISEASE(D)

7. SYMPTOM(X)

8. SYMPTOM(Y)

9. SYMPTOM(Z)

10. CATEGORY(A, B)

11. CATEGORY(A, C)

12. CATEGORY(A, D)

13. ASSOCIATED-WITH(X, A)

14. ASSOCIATED-WITH(Y, A)

15. ASSOCIATED-WITH(Z, B)

利用这种表达方式写成的句子就可以表示上面的知识。疾病的具体分类以及同这些疾病相联系的具体症状就用句子 3~15 来表示。在第 1 句中明确地表达了“属性继承”，这有利于表示症状同疾病之间由经验确定的联系。我们只需要明

确地表示每种疾病特有的联系，其余的可以推断出来。

在上述的方法中，知识只被表示成“独立的”句子系列，没有形成结构。例如，没有规定 3~6 句以及 10~12 句合在一起表示“疾病的某种分类”。但是，这样编组是考虑了在问题求解上下文中这些句子的应用，因此有必要将它们明确地编组以便形成较高层次的知识单元（见 Brachman 等，1983 年）。

1.2.2 联想网络

联想网络是一些结点和弧的组合（见 Findler, 1979 年）。结点代表项（物理实体、情景、地点、过程、事件、 n 元关系（ $n \geq 2$ ）等等的名称），而弧代表二元关系或者 n 元关系的变元。图 1.2 用联想网络表示了上面的知识。

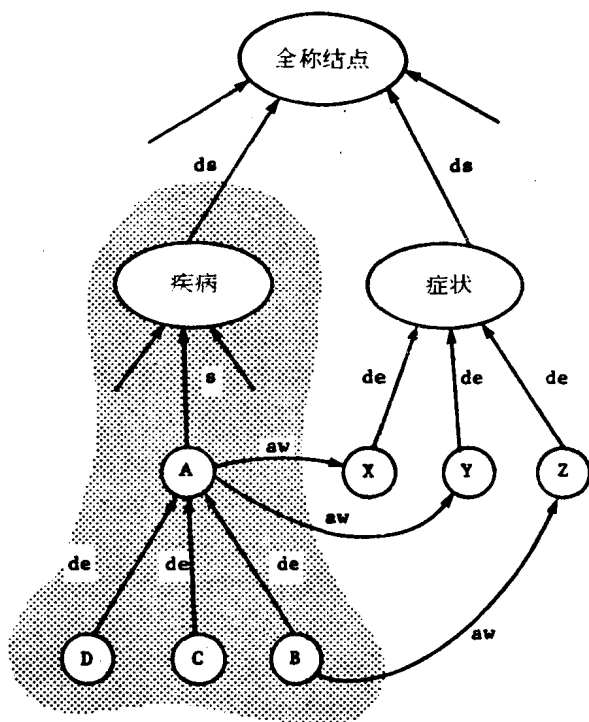
将多组结点和弧划分成某种超结点（Hendrix, 1979 年）就可以扩大网络的概念。图 1.3 是一个分块联想网络。该图说明了，图中加上了方框的区域代表的单元是由超二元谓词组成的超结点。

1.2.3 框架

框架（Minsky 1975 年）是由结点和关系的网络组成的一种结构，用来表示一种情景或问题的模式。放在框架中的信息是关于如何使用这一框架，预期会产生什么样的结果的信息，以及关于在某些情况下这个框架应当转移到哪些框架的信息。简言之，这种体系允许有关事实的知识和对它进行处理的推理知识共存。框架的某些侧面是固定的，这就是槽，开始时槽被赋予“约定”值，约定值中包含的信息一直保存到被新的信息取代为止（见图 1.4）。

s: 是……的子集
de: 是……不相交的子集

ds: 是……不同的元素
aw: 同……相联系



联想网络方法充分地把握住了给定知识的概念结构。疾病分类通过“s”、“ds”和“de”弧来表示，而症状和疾病之间由经验确定的联系通过“aw”弧来表示。

图 1.2 联想网络方法表示知识的示意图