

杨冀宏 阚丹锋 姜艳秋 祝惠华 编译 麻德贤 审定 航空工业出版社

用Prolog 和Turbo Prolog 语言开发专家系统



用 Prolog 和 Turbo Prolog 语言 开发专家系统

杨冀宏 阙丹锋 编译
姜艳秋 祝惠华
麻德贤 审定

航空工业出版社

内 容 简 介

本书以通俗易懂的方式、浅显的语言向读者介绍了用 Prolog 和 Turbo Prolog 语言建立专家系统的一般方法。首先概述了有关专家系统的基本概念、应用领域、发展趋势和 Prolog 语言的作用。然后详细介绍了对于专家系统设计者最为有用的 Prolog 语言、用户界面设计方法,并以四个典型实例介绍了常用的专家系统设计方法,其中包括分类专家系统、逆向推理诊断系统、正向推理规划系统以及基于框架的专家系统。最后引入了专家系统外壳的概念,并给出了一个简单的外壳实例。

本书以标准 Prolog 为基础进行讲解,同时对 Turbo Prolog (即编译型 Prolog) 进行了说明,因而本书几乎适用于 Prolog 的任何版本。为了便于读者自学,书中提供了大量的实例,并附有练习题及部分练习答案。此外,在附录中还提供了两个常用工具谓词库,它们不仅可帮助读者进一步理解已学内容,而且也可直接或间接地使用。本书语言浅显,对读者要求不高,即使不懂专家系统和 Prolog 语言也可以从本书得到启迪。

本书具有较广泛的适用性,既适于各行各业广大应用软件开发人员,同时也可作为中、高等院校计算机及其有关专业的教学用书或参考书。

为便于读者自学和教学,本书另备一张程序盘及一套 Turbo Prolog (包括 Prolog) 系统软件,需要者可直接和航空工业出版社联系。

用 Prolog 和 Turbo Prolog 语言 开发专家系统

杨冀宏 阙丹锋 编译
姜艳秋 祝惠华

麻德贤 审定

航空工业出版社出版发行

(北京市和平里小关东里 14 号)

— 邮政编码: 100029 —

全国各地新华书店经售

北京化工学院计算机系排版

北京康利胶印厂印刷

1990 年 8 月第 1 版 1990 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 1/16 印张: 13.625

印数: 1-2800 字数: 349 千字

ISBN 7-80046-263-5 / TP·020

定价: 9.00 元

序 言

人工智能 (AI) 技术, 特别是专家系统, 是近年来国际上非常活跃的研究和应用领域。如同当年模拟技术和数据库技术一样, AI 技术已开始渗透到各个领域, 帮助人们解决大量的、曾经无法解决的问题, 并且已显示出强大的生命力。

Prolog 语言是面向逻辑的人工智能语言, 它在国外得到了广泛的应用, 仅 Turbo Prolog 用户已超过十万, 日本也把 Prolog 选作开发第五代计算机 (智能机) 的支撑语言。近年来, 对于这一发展趋势国内各界已开始给予充分重视, 一些实验型的专家系统相继出现。然而, 大多数人对于 AI 技术十分生疏, 有望而生畏之感。究其原因在于对其不甚了解。

目前国内外已出版了一些关于 AI 技术、AI 语言方面的书籍, 但是大多数 AI 技术方面的书 (特别是国内) 停留在理论阶段, 不仅难懂, 而且难于掌握和应用。加之 AI 语言与其它过程式语言 (如 FORTRAN、Pascal、BASIC、C) 不同, 属说明式语言, 一般读者初学起来非常不适应。本书在 AI 技术的重要应用领域——专家系统和 AI 语言 (Prolog) 之间架起了一座桥, 使读者在学习 Prolog 语言的同时, 了解如何运用它去实现一个实用专家系统。

本书首先介绍专家系统的基本概念和专家系统的组成, 以及该领域中的最新发展。在读者了解了知识工程的概念之后, 讨论了有关专家系统设计过程中 Prolog 的作用和知识表达方法、搜索策略等问题。

随后的六章介绍 Prolog 语言的基本内容, 尤其强调其在专家系统中的应用。这几章的目的是能够使读者掌握 Prolog 语言, 进而使读者开发出自己的专家系统。尽管许多种计算机都配备有 Prolog 语言, 但是与 BASIC、Pascal 语言相比, Prolog 语言还鲜为人知。因此, 本书较详尽地介绍了 Prolog 语言的结构、语法及其操作方法, 它们能够指导读者掌握 Prolog 语言。每章中都给出了一些标准 Prolog 程序例。这些程序例对于诸如目标匹配、递归、表处理、回溯和截断等重要概念能起到说明和解释之作用。书中尽量早地引入了 Prolog 环境下的调试功能, 以便读者在编制程序的过程中加以使用。本书第九章主要论述用户接口设计问题, 并解释如何用 Prolog 开发友好的、具有“智能”接口的专家系统。

第十章以狗的种源分类专家系统开发过程为例, 详述了“顺序设计方法”的各个环节。这对于读者学习、掌握、开发计算机软件的基本技能是十分有帮助的。第十一章引入了知识模糊性的可信度描述方法, 然后以营养分析诊断专家系统为例, 介绍了开发逆向推理诊断系统的方法和过程。第十二章介绍了规划专家系统所采用的正向推理策略及其设计方法, 同时, 给出了一个办公室家具安置规划系统。以上三章均采用产生式规则表达知识, 第十三章给出了另一种知识表达方法, 即框架表达法, 还介绍了用 Prolog 实现框架系统的方法。框架系统的实例是一个天气预报专家系统。

以上四章中均以典型问题为例进行讲解, 并分别给出了完整的专家系统源程序清单。这些程序对于读者学习和理解专家系统开发过程是十分有帮助的, 对于读者编写自己的专家系统也具有十分重要的参考价值。

最后一章介绍了专家系统开发工具——外壳的概念及其选用原则，同时给出了一个外壳实例 GENI。GENI 是用 Turbo Prolog 编写的，其源程序清单列于附录 E 中。

附录 C、D 给出了两个常用的工具谓词库：数学运算谓词库和表处理谓词库（用 Turbo Prolog 编写）。读者不仅可以从这两个谓词库中学到一些 Prolog 的编程技巧，而且还可以将它们作为工具直接用于自己开发的专家系统中。

本书主要取材于 Smith 原著“Expert System Development in Prolog and Turbo Prolog”，Townsend 原著“Advanced Techniques in Turbo Prolog”，以及“Turbo Prolog Reference Guide (Ver.2.0)”等书编译而成。本书第一章至第四章由姜艳秋执笔，第五章至第七章由祝惠华执笔，第八章至第十章由阚丹锋执笔，第十一章至第十四章由杨冀宏执笔。全书由杨冀宏、阚丹锋审阅，最后送麻德贤教授审定。

专家系统是一门正在发展、尚未成熟的新领域，许多问题还处于探索阶段，许多术语尚未统一，加之作者水平和时间所限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者指正。

作 者

一九九〇年春于北京

目 录

第一章 专家系统	(1)
1.1 什么是专家系统	(1)
1.2 专家系统的组成	(2)
1.3 专家系统的应用领域	(3)
1.4 专家系统的前沿	(4)
1.5 前景展望	(7)
第二章 建立专家系统	(8)
2.1 哪些问题最适于用专家系统处理	(8)
2.2 知识工程	(8)
2.3 推理机制	(11)
2.4 专家系统的类型	(12)
2.5 Prolog 在开发专家系统中的作用	(14)
第三章 Prolog 语言	(15)
3.1 Prolog 语言环境	(15)
3.2 建立一个简单的知识库——事实	(15)
3.3 变量	(18)
3.4 合取	(19)
3.5 空变量	(20)
3.6 语法规则	(21)
3.7 练习	(22)
3.8 关于 Turbo Prolog	(23)
第四章 用 Prolog 编写较复杂的程序	(27)
4.1 咨询文件	(27)
4.2 规则	(28)
4.3 程序的规格化和注释	(30)
4.4 知识库实例	(31)
4.5 定义	(33)
4.6 练习	(34)
4.7 关于 Turbo Prolog	(34)
第五章 知识库搜索	(35)
5.1 目标匹配	(35)
5.2 回溯	(37)
5.3 调试——盒子模型	(40)
5.4 调试谓词	(42)
5.5 练习	(45)
5.6 关于 Turbo Prolog	(45)

第六章 高级技术	(47)
6.1 算术运算	(47)
6.2 递归	(49)
6.3 截断	(53)
6.4 用 Prolog 实现过程	(58)
6.5 练习	(61)
6.6 关于 Turbo Prolog	(61)
第七章 数据结构	(64)
7.1 表	(64)
7.2 结构	(65)
7.3 表处理	(67)
7.4 练习	(70)
7.5 关于 Turbo Prolog	(71)
第八章 内部谓词	(76)
8.1 内部谓词的需要	(76)
8.2 输入和输出	(76)
8.3 知识库的自修改	(83)
8.4 其它内部谓词	(85)
8.5 练习	(90)
8.6 关于 Turbo Prolog	(90)
第九章 用户接口设计	(94)
9.1 引言	(94)
9.2 自然语言识别	(96)
9.3 语法规则	(101)
9.4 关于 Turbo Prolog	(103)
第十章 分层设计法开发识别专家系统	(105)
10.1 引言	(105)
10.2 识别问题	(105)
10.3 建立专家系统	(107)
10.4 源程序清单	(112)
10.5 系统使用	(116)
10.6 系统扩充——自学习	(118)
10.7 系统扩充——解释	(120)
10.8 小结	(121)
第十一章 开发逆向推理诊断专家系统	(122)
11.1 可信度	(122)
11.2 系统开发方法	(123)
11.3 诊断系统程序例	(127)
11.4 诊断系统使用方法	(137)

第十二章 开发正向推理规划专家系统	(138)
12.1 规划系统	(138)
12.2 正向推理策略	(139)
12.3 系统设计方法	(139)
12.4 规划系统程序例	(141)
12.5 规划系统应用例	(148)
第十三章 开发基于框架的专家系统	(150)
13.1 知识的框架表示法	(150)
13.2 框架系统设计	(151)
13.3 框架系统程序例	(152)
13.4 咨询过程	(156)
13.5 增加解释功能	(159)
第十四章 专家系统外壳	(160)
14.1 什么是专家系统外壳	(160)
14.2 专家系统外壳的选用方法	(162)
14.3 专家系统外壳 GENI	(163)
附录 A ASC II 代码表	(168)
附录 B Prolog 运算符表	(168)
附录 C 常用数学工具谓词库 (MATH.PRO)	(169)
附录 D 表处理工具谓词库	(174)
附录 E 专家系统外壳 GENI 源清单	(193)
部分练习参考答案	(206)
参考文献	(209)

第一章 专家系统

1.1 什么是专家系统

最早的计算机是一些庞大的机器，科学家用它们来进行快速计算。为了从计算机中得到答案，人们首先要确定解决问题的方法，然后还必须把这一方法翻译成计算机程序。计算机程序是用某种特殊的计算机语言编写的，它是由若干与计算机运行有关的命令组合而成的。

从一开始，计算机的设计者就一直设法使计算机更加便于使用，沟通人与计算机之间的联系。人们一直在改进计算机程序设计语言，力争使它们接近我们日常生活中所使用的自然语言和数学符号。计算机硬件的价格和体积一直在明显地降低，而它的存储量和数据处理能力却在显著地上升。

然而，计算机毕竟是一种机器。一般而论，我们还不能用自然语言与计算机直接对话。计算机也不能从错误中总结经验，不能用已有的经验和常识来解决问题。而我们所希望的却正是这些。

人工智能是一个活跃的研究领域，在开发解决类似上述问题的计算机软件系统方面，已经取得了不同程度的进展。换句话说，人工智能研究的目的是要使计算机具有人类的智慧。显而易见，这是一项艰巨的工作，其原因是人类对自身智力以及思维处理过程中的许多问题还不是十分清楚，若想用计算机来解决人的思维问题就更困难了。

目前，在人工智能研究领域取得较大成绩的是专家系统。实际上，专家系统已经走出了研究室，进入到实际应用领域了，它正在一些行业中发挥着作用。

专家系统是一种在某领域中起到人类专家作用的计算机软件系统。也就是说，一个专家系统包含了有关某个特殊问题领域里的知识，并且具有应用这些知识去解决该领域问题的能力。如果搞得好的话，专家系统还应具有自学习的能力，即从自身的成功与失败中获得经验；专家系统还应能够对所得出的问题结论给予解释。

也许人们会问：“人类不是有许多自己的专家吗？为什么还需要用计算机来做人类专家的工作呢？”

实际情况果真是这样的吗？我们不妨来归纳一下人类专家所具有的一些特点：

- ① 专家的人数较少；
- ② 专家的服务价格昂贵；
- ③ 专家的工作繁忙；
- ④ 专家终有一死。

而专家系统则不存在上述问题。请看下面这个例子。

雷德·艾达尔（Red Adair）是一位油井的灭火专家。他的雇用费十分昂贵，而且一旦他去世，他那丰富而又宝贵的专业知识也将会随之而去。如果能把他的全部知识以某种方式输入到计算机系统中去的话，那么用计算机来代替他的工作将是很有意义的。我们可以在全世界各主要的油井建立这一计算机系统，一旦发生事故，该系统就可以象艾达尔一样，起到

非常重要的作用。

在其它许多专业领域中，专家系统也可以发挥重要作用。在本章第三节中，将较为详细地讨论一些专家系统的应用例子。

1.2 专家系统的组成

专家系统由三个基本部分组成（如图 1.1 所示）。它们是：

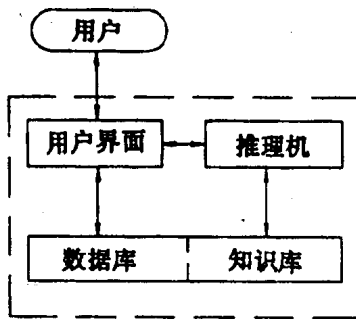


图 1.1 专家系统的组成

- ① 知识库；
- ② 推理机；
- ③ 用户接口。

下面我们将分别详细地讨论这三部分。

知识库是由一系列与某一专门问题有关的事实和规则组成的。例如，在一个帮助医疗人员诊断腹痛的专家系统的知识库中，就应当包含有关引起腹痛的可能病因，以及与这些病因相关的症状等事实和规则。

所谓事实，指的是在某一专门问题领域中的真实情况的清楚而又简洁的表述。例

如，下面的一些表述都属于事实：

约翰是个男人，他住在一间房子里。

托尼驾驶一辆轿车。

玛丽的头发是棕色的。

所谓规则，一般说来指的是下面这样一种形式：

如果 语句 I 则 语句 II

这里语句 I 和语句 II 是两个可能真也可能假的表述。规则只是告诉我们如果语句 I 是真，则语句 II 也是真。下面是一些规则的例子：

如果一个人结婚两次，则他是一个重婚者。

如果一个人拥有 13 000 000 美元，则他是一个百万富翁。

现在来看一个动物分类的专家系统，这一系统的知识库可能包含下面一些事实和规则：

事实：哺乳动物属于动物。

鸟是一种动物。

规则：如果某动物有奶，则它是哺乳动物。

如果某动物有羽毛，则它是鸟。

如果某动物筑巢、产蛋，则它是鸟。

对于这些事实和规则，我们必须用象 Prolog 这样的程序设计语言来表达。当读完这本书的时候，读者就能全面地了解 Prolog 语言，并能设计和实现自己的知识库了。

为了利用知识库中的知识,专家系统还必须具有一个能够搜索事实与规则,并能根据搜索的结果推断出用户问题答案的功能单元,这一单元被叫作推理机。推理机能够搜索知识库,并应用其中的规则去解决指定的问题,因此,可以说推理机是专家系统运行的动力。

用户接口是用户与专家系统进行联系的工具,这个接口应该尽可能地采用近似自然语言的方式工作,以便于那些缺乏经验的用户使用。当然,一个理想的专家系统应该允许用户用自然语言提问题,随后系统应该能够搞清楚问题的意义,并通过推理机去运用知识库中的规则演绎出答案,接着用简单的语言把答案告诉用户。但是,这样的系统目前还无法实现,因为想用计算机程序去识别、理解人类语言实在是太困难了,即使是最简单的句子也不易实现。

1.3 专家系统的应用领域

专家系统正在广泛地应用到商业、工业等许多领域中。不过,商人们和企业家们也只是最近几年才认识到这一系统在工作效率和竞争能力方面所具有的潜力,因而投入使用的专家系统相对来说仍为数不多。的确,专家系统目前仍处在研究和开发阶段,还没有达到十分成熟的程度。不过有少数专家系统搞得还是比较好的,其中有些是早在 70 年代开发的。

本节的目的是让读者对专家系统应用的现状有一个简要的了解。

1.3.1 早期系统

前面讲过,某些早期的专家系统是在 70 年代开发的。其中包括最为著名的,被称之为 MYCIN 的专家系统。MYCIN 是斯坦福 (Stanford) 大学开发的一个专家系统,主要用来处理有关传染病的诊断与治疗等问题。这一系统包括了一个大的知识库,库中存有关于传染病的形式和起因方面的事实和规则,这个系统可以用来帮助诊所医生进行诊断。与 MYCIN 同期开发的另一个专家系统是 PROPECTOR,它是由斯坦福系统研究所 (SRI) 与美国地质测量部联合开发的,这一系统能够帮助地质学家进行矿藏勘探工作。这两个早期的专家系统都包含了大量知识,而这些知识都是在对所研究的题目很好的理解和反复的研究基础上得到的。

1.3.2 社会应用

近年来,人们在专家系统的社会应用方面进行了大量研究工作,以便在数量上和质量上改进为公众提供的服务,这样的系统类似于一种计算机化的公共事物咨询处。有关这方面,已投入使用或者正在开发的一些专家系统有:

① 大型的 Alvey 计划 (见本章 1.4.2 节)。这一系统的目标是用计算机进行立法,并且把它用于社会安全福利方面。

② 指导孕妇了解孕妇权力的系统。在这个系统中,包括有得到孕妇津贴的条件、产院费用及产后福利等知识。

③ 为房主们设计的专家系统。它能提供有关规划法方面的信息,并能回答象“我的扩建计划能够得到批准吗?”这类问题。

④ 用于回答有关雇员权力,如解雇、解雇费等等的专家系统。这个系统是在微机上建立的。

⑤ 天气预报系统。这个系统可以根据大气压、风向、气温等数据估计未来几天的天气趋势。

这些专家系统可以在图书馆、大型室内商业区等地方为公众服务。此外，随着微机以及电视技术的发展，这些专家系统将能够直接在家庭电视屏幕上为人们提供服务。

1.3.3 财务应用

目前，专家系统也可用于许多大型的财政机构，例如保险公司、银行以及证券交易所等。这类专家系统包括：

- ① 帮助银行经理决定是否向某一客户发放贷款的专家系统；
- ② 指导是否同意抵押的专家系统；
- ③ 为保险公司设计的、用于估计在某人身保险及其它保险中所要承担的风险系数的专家系统；
- ④ 用来帮助信用卡公司决定是否向某人发放信用卡的专家系统。

1.3.4 工业应用

许多工业及制造业公司已经将专家系统运用到他们的日常工作中，如 DEC 公司的 XCON 系统。这个系统开始是由卡内基-梅隆 (Carnegie Mellon) 大学在 VAX 机上开发的，到 1979 年，在 VAX-11/780 机上已有 400 多个用户了，这一系统为 DEC 公司节约了四百多万美元。属于这一领域的专家系统还有：

- ① 事故诊断系统。如飞机、汽轮机以及直升机故障诊断的专家系统。
- ② 监视报警专家系统。这一系统可通过迅速判断潜在问题来缩短工厂检修期和避免停产。
- ③ 用于设计和制造小型机器零件的专家系统。
- ④ 控制系统。这一系统用来控制室内的温度和湿度，随时开关加热器、空调或风扇。这样的系统也可用来控制石油、化工生产过程。

除上述几类外，还有一类是用于军事方面的专家系统。例如用于确定目标以及发现对安全的潜在威胁。

1.3.5 小 结

这一节已经介绍了专家系统应用方面的一些情况，我们希望读者能够对专家系统目前的使用情况以及未来的发展潜力有一定的了解。有关专家系统及其应用的著作很多，对此感兴趣的读者可参阅有关专著。

1.4 专家系统的前沿

本节要讨论专家系统的两个最新发展计划：一个是日本的“第五代计算机计划”，另一个是英国的“Alvey 计划”。

1.4.1 日本第五代计算机计划

一般说来, 计算机硬件的发展过程可大致分为四代, 时间划分可从 20 世纪 40 年代中期开始, 一直到现在。下面我们来分别介绍这四代计算机。

第一代计算机是在本世纪 40 年代中期出现的, 这是一些非常大的电子管装置, 需要整间房屋来安置, 并且需要许多人操作和维护它们。

在 50 年代中期, 随着电子技术的发展, 大量的电子管被比它小得多的晶体管取代, 这使计算机制造者能够生产出被称之为第二代的计算机, 这是一些紧凑的晶体管设备。

到了 60 年代中期, 电子工业的进一步发展使人们可以把整个电路集中在一块硅片上, 人们把这种装置叫作集成电路 (简称 IC)。在计算机生产中, 使用集成电路标志着第三代计算机的产生。毫无疑问, 第三代计算机比前两代都要精巧得多。

70 年代初, 由于更高级集成电路的批量生产, 开创了计算机发展的新纪元。每一个集成电路中都含有复杂的电路以及大量的元器件。这项新技术被叫作“大规模集成电路” (简称 LSI), 由此组成的装置被叫做“芯片” (Chip)。第四代计算机全是由这些芯片组成的机器。与以前的计算机相比, 第四代计算机在集成度方面更加突出, 微型计算机正是在这一时期开始出现的。

那么, 第五代计算机又是怎样的呢?

1981 年, 日本人宣布了“第五代计算机计划”, 这一计划的目标是生产能够形成下一代计算机系统的机器。不过, 与前四代计算机不同的是, 第五代计算机并非仅仅是一种新型的计算机硬件系统, 它不仅用上了计算机软、硬件的最新技术, 而且使得计算机体系结构、功能方面的一些新思想成为现实。

前四代计算机基本上都有数据处理机。为了使用这些机器, 操作者必须依照解决问题的步骤动手为计算机编制程序。第五代计算机的宗旨就是要使用户能够以自然语言 (例如英语) 与计算机联系, 而计算机应具有丰富的知识, 才能够理解和解决用户的问题。因此, 第五代计算机应当是一类有经验的、高效的知识处理机, 它由丰富的知识库、高效能的推理机以及非常友好而又机敏的用户接口组成。

第五代计算机系统必然要用到下面一些最新的计算机技术:

① 并行处理——为了提供足够的处理知识和解决问题的能力, 计算机应当由很多可并行工作的处理器构成。每个处理器去搜索知识库的某一部分, 或者去解决整个问题中的某一部分。

② 超大规模集成电路——为了保证强大的数据处理以及并行处理能力, 第五代计算机将充分利用超大规模集成电路这一先进技术。

③ 逻辑程序设计——大多数第五代计算机的软件都是用逻辑程序设计 (或人工智能) 语言编制的, 如 Prolog 和 Lisp。这些语言能够表述事实和规则, 并且可以用来设计实现高效推理机。

④ 智能接口——可以期望, 第五代计算机系统使用起来将会非常容易。它将不仅能够识别键盘输入的自然语言, 而且还能够理解长篇演讲, 另外还具有计算机图象显示能力。

说到底, 日本人所希望实现的目标就是制造一种在智能及知识方面尽可能与人类相似的计算机系统, 而且, 它比人类具有更强的解决问题的能力。这一系统还将非常容易使用, 用户甚至能用自己的民族语言向计算机直接提问题。

第五代计算机系统与现在使用的计算机系统相比，显然长进了一大步。要想实现第五代计算机的目标，研究和开发工作至少还要花费大约五年以上的时间。

- | | |
|------------------|------------------------------------|
| 第一代 (40 年代中期) | 大型电子管计算机。 |
| 第二代 (50 年代中期) | 晶体管计算机。比较紧凑的机器。 |
| 第三代 (60 年代中期) | 集成电路出现，小巧而功能强的计算机。 |
| 第四代 (70 年代初期) | 大规模集成电路诞生，出现微型计算机系统。 |
| 第五代 (90 年代的某一时期) | 知识处理计算机。具有图象处理、声音识别、智能接口、超大规模集成电路。 |

图 1.2 计算机发展阶段

1.4.2 Alvey 计划

先进的信息技术研究——Alvey 计划是英国政府、英国工业界和学术界的联合开发活动。这是一个从 1983 年开始的五年计划。这项研究的确立很大程度上是受“日本第五代计算机计划”的影响。

Alvey 计划的主要目标是通过合作发展英国信息技术产业。这个计划是以约翰·阿尔维 (John Alvey) 的姓氏命名的，他是提请审议并通过这项计划的委员会主席。

Alvey 计划分成五个主要部分：

- ① 超大规模集成电路 (VLSI)；
- ② 软件工程；
- ③ 基于智能知识的系统 (IKBS)；
- ④ 人机接口 (MMI)；
- ⑤ 系统结构。

其中我们尤为关注的是 IKBS 部分，因为这部分涉及了大量的专家系统领域的研究。一个 IKBS (比如一个专家系统) 就是一个计算机系统，它包容了某一特定问题中的知识和经验技术。

在 Alvey 计划的 IKBS 部分中，有四个大型的被称之为“示范计划”科研项目，此外还有许多小型研究项目，为此设立了一些 Alvey 研究会，来讨论 IKBS 的各个方面。这四个大型的科研项目是：

- ① 开发用于制备化学混合物的专家系统；
- ② 把 IKBS 技术用于机械设备的生产中 (尤其是柴油机和直升机减速箱)；
- ③ 开发用于空勤人员的决策支持系统以及飞行模拟器；
- ④ 运用 IKBS 技术进行股票控制。

此外，Alvey 计划已建立了三个大型项目，这些项目都是由 Alvey 计划五个主要组成部

分中的若干部分组成的。其中每个项目都包括了大量的 IKBS 工作。这些项目是：

- ① 开发与社会安全福利、立法和实践有关的专家系统；
- ② 研制语言输入词汇处理机以及第五代工作站；
- ③ 开发“设计支持系统”，该系统可用于帮助设计者完成从初步设计到制造的全部过程。

综上所述，Alvey 计划的目的之一，就是要利用上述的以及其它一些与 IKBS 有关的项目，使专家系统技术在许多不同应用领域里发挥作用。

1.5 前景展望

预测人工智能以及专家系统的未来是一件很困难的事，但不管怎样，它们肯定会不断发展的。人工智能很有可能成为有史以来最有发展前途的技术之一。

与现有的工业技术相比较，计算机及信息技术还是很年青的。也就是说，计算机工业的历史并不长，所使用的方法、技术以及概念还没有得到充分地验证。但这一技术却以惊人的速度飞速发展，这种发展速度比起早期工业革命的进程要迅速得多。正是由于这样一种原因，该领域中的理论研究工作要比它的实际应用大大超前了一步。

然而，这种现状不会保持长久。正如前面所述，商业及工业界正在逐渐地认识到人工智能所具有的潜力。

在许多生产厂家中，已开始起用机器人。我们在电视上都已见到过这样的机器人，它们可以用来组装或者喷涂汽车。毫无疑问，人工智能除了用于图书管理自动化之外，还可以广泛地用于工程及制造业中。

当有关计算机显示、语言识别以及自然语言理解等方面的研究工作获得成功时，就使计算机具有许多人类的感觉。至于这些感觉能发展到何种程度，还需要拭目以待。再下一步，就是把这些感觉移至机器人体内，从而制造出一种能看、能听、能理解我们，并能与我们谈话的机器。上面所谈及到的这些似乎在给人们放映一部科幻影片，但实际上这些奇迹的确已经出现了。

和人工智能的其它方面相比，专家系统的前景似乎更加清晰可见。这是因为，在许多领域中（如本章 1.3 节所述），专家系统已经开始投入实际应用。专家系统的应用领域还将继续扩大，或迟或早这一系统将渗透到人类生活（无论是家务还是工作）的各个角落中。到那时，我们将会发现专家系统在家庭生活中的大量应用例子，它可以帮助人们了解有关的法律问题，获得有关家庭购物以及房屋扩建计划等方面的建议。如果家庭终端与具有某些专家系统的国内或国际计算机网络相联的话，人们则能坐在家中利用这些专家系统。

第二章 建立专家系统

2.1 哪些问题最适于用专家系统处理

正如我们在第一章中所了解到的那样，专家系统正在逐渐地进入到现代生活的许多领域里。那么，在不远的将来，是否会在每一个办公室、商店以及工厂里都会出现专家系统呢？这恐怕办不到，实际上专家系统只适合于某些类型的应用。我们如何来判断哪些问题适合用专家系统来处理呢？这正是本节所要回答的问题。

凡是适合用专家系统来处理的问题，必须满足下面的一些条件：

- ① 研究对象应能被归纳成一系列的规则，而不是一些数学符号或者数学方程式，专家系统不适用于那些涉及大量计算的问题；
- ② 研究对象应该容易被理解，这样，人类的专业知识就容易用规则的形式来表示；
- ③ 研究对象不应是那些只需要很短时间（例如少于半小时）或很长时间（例如长达一周）才能解决的问题；
- ④ 在该领域中，那些被人们公认的专家、权威们的观点应基本一致（如果他们各持己见，专家系统就不能使用了。试想，在观点不一致的情况下，你究竟按照哪一种理论去解决问题呢？）；
- ⑤ 描绘该系统所需的规则必须足够多，以保证有必要建立专家系统（也就是说，规则的数目必须在十个以上。否则，用人工来解决可能更有效）；
- ⑥ 应该至少有一位专家愿意提供知识，并协调专家们的各种意见。

除了以上这些条件要求外，任何涉及到专家知识的应用场合都是专家系统技术的潜在应用领域。

使用专家系统所得到的好处究竟是什么呢？

使用专家系统的益处是很多的，较为明显的几点为：

- ① 专家系统能够使知识与经验更容易被理解和接受；
- ② 使用专家系统比雇用人类专家更为合算（如便宜得多）；
- ③ 专家系统在求解问题时，不象人类那样易于出错；
- ④ 专家系统可以促进专家们的彼此联系，从而有利于专家们自身的知识进步。

当我们已经确认某一问题适于用专家系统来进行处理，并且使用专家系统又颇具益处时，那么接下来我们最为关注的问题就是如何来建立一个专家系统。本章的下一节将要回答这个问题。

2.2 知识工程

知识工程是当今流行的一个时髦术语，它是用来描述从一位或一些专家那里汲取出特定问题域内知识的过程。尽管通常把这个过程称作知识工程，但实际上这个过程是由两个不同

的阶段组成的。这两个阶段是：

① 知识获取——向专家们寻求知识的过程；

② 知识工程——在这个过程中，我们把收集到的知识整理成一种适合于用人工智能语言（如 Prolog）表达的形式。

严格地讲，知识工程这个词指的是上述过程的第二阶段。在这一节中谈到的知识工程指的是全过程（也就是说包括了上面两个阶段）。

为了设计一个新的、面向知识的计算机系统，我们不妨把知识工程师与那些传统的系统分析员比较一下。传统的系统分析员仅仅把自己的注意力集中在某一特定系统的信息流中，而知识工程师则对知识构造以及如何利用这些知识去实际问题更感兴趣。因此，知识工程师必须能够以某种方式从专家那里获取必要的事实、规则和经验，然后把它们转化成能用适当的计算机语言来表述的形式。可以想象，这不是一件简单的事情。

首先，人类专家也许不很友好，甚至怀有敌意，他可能觉得你在“窃取”他的知识和经验，因为你要把这些知识和经验放进计算机，然后用计算机系统来完全取代他。况且，即使专家们同意这样做，他们也许难于用语言来表述他们的经验、判断和直觉。

尽管如此，知识工程师仍会采取各种办法来克服这一难题。一种广泛使用的方法是先选择一些典型问题，让专家按照他自己的方法去解决，通过观察专家研究和解决这些问题的方式，知识工程师就能够演绎出人类专家直观上使用的一些规则。此外，还可以通过座谈来采访专家，向他们提出一些问题，这些问题使他们能够对自己所采用的独特方法作出解释。

一些知识工程师更喜欢使用摄像机把人类专家某段时间里所从事的日常工作拍摄下来，随后分析所得到的录像带，从中得到有关的知识和经验。

在得到基本知识后，知识工程师便把这些知识归纳成：

① 对象问题范围内的事实；

② 能够根据事实和用户所提供的信息进行推理的规则。

现在，我们来分析下面这样一个例子：

约翰·拉塞尔（John Russell）是一位评定学生考试成绩的专家。他对自己的工作一向严肃认真，在接受知识工程师的提问时，可以看出他评定学生考试成绩时所采用的评定方法是按照一定的规则进行的。

约翰说，他所批改的一般都是短文形式的作业。他评定这些作文的方法是：阅读作文，并用红线在他认为写的很好的地方作上标记，然后累加学生作业上的红色记号。如果某一学生的作业上这种红色记号不足四个，就说明这个学生的作文写得不好。不过，在这种情况下，约翰会重新阅读一遍看看是否有漏批的地方，最后确定作文是否能够通过。如果他认为可以勉强通过，他会给批上一个 C 级，否则就是没通过，即 F 级。如果学生试卷上所得红色标记为四至六个的话，约翰则给一个 B 级。如果试卷上有六个以上的红色标记，则给一个 A 级，A 相当于优秀。

约翰为学生评分的过程，可以用下面这样一个简单的“知识库”表示：

规则：

如果 标记数目 < 4 并且 短文走题

则 给 F 级

如果 标记数目 < 4 并且 文章扣题