
EXPERT SYSTEM

专家系统初步

赵瑞清编著 · 气象出版社

专家系统初步

赵瑞清编著

高等教育出版社

内 容 简 介

本书是介绍《专家系统》的入门，它以叙述“专家系统”的基本思路为中心，介绍什么是专家系统、它的优良特性、基本结构、不精确推理及国内外的研制概况。

本书特点是通俗易懂，只要具有高中文化水平就可阅读；只要具有初中文化水平，就可以阅读除不精确推理以外的部分。

本书与即将出版的续篇《专家系统原理》是姊妹篇，读完姊妹篇，就能自己动手设计简单的专家系统。

本书可供有志于专家系统研制者及对之有兴趣的读者自学之用，也可作为计算机工作者的参考书。

专 家 系 统 初 步

赵瑞清编著

责任编辑：黄丽荣

高 等 出 版 社 出 版

(北京西郊白石桥路46号)

北京朝阳印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

开本：787×1092 1/32 印张：2.875 字数：62千字

1986年2月第一版 1986年2月第一次印刷

印数：1—10,000

统一书号：13194·0289 定价：0.63元

前 言

专家系统是人工智能分支中应用于实践最多的一个分支之一。

专家系统是六十年代中期才开始出现的新兴课目，人们对它不太熟悉，但经过二十年的发展，目前国内外已有了不少专家系统，它们在实践中起了很大作用，有些专家系统的功能在某些方面已超过了研制它的人类专家，应用的领域越来越广。现在，专家系统已成为一项十分引人注目的课题。

专家系统主要的目的是要使计算机在各个领域中起人类专家的作用。例如，在医学界起著名医生的作用；在气象界要起天气预报专家的作用等。人们要问：“人有旦夕祸福”，计算机能给病人看病，开药方；“天有不测风云”，计算机能预报天气，计算机能在各行各业中起专家的作用，这能行吗？这不是太“神”了吗？这到底是怎么回事呢？人们都想了解这个问题。

这本小册子，就想回答上述问题，我们将以通俗的事例，易懂的语言来说明上述问题，只要具有高中文化程度，就能看懂全书。只要具有初中文化程度，就能看懂除不精确推理一段以外的全部内容。我们企图通过这本小册子让人们了解什么是专家系统，它的基本原理与基本结构，为什么它在实际生活中如此受各行各业，各阶层，特别是科技人员的欢迎，从而引起人们学习与研制专家系统的兴趣。

还将编写一本续篇——“专家系统原理”。在续篇中，不准备多谈人工智能的理论策略，而是谈具体的设计方法。

通过续篇的学习，能使初具计算机知识者，达到自己能独立设计简单的专家系统的水平。

专家系统的作用看来是神奇的，但并不神秘，只要细心阅读这本小册子及其续篇，您就会步入专家系统之门，经过一段实践，将逐渐成为研制专家系统的专家。

充分利用计算机为祖国服务吧！

编者

目 录

前言	(1)
一、历史背景	(1)
二、什么是专家系统	(4)
三、专家系统的优良特性、作用和意义	(7)
四、专家系统的基本结构	(13)
五、一个例子	(21)
六、知识表示	(33)
七、不精确推理	(42)
八、专家系统的研制过程	(77)
九、专家系统研制的国内外概况	(81)

一、历史背景

目前，人们称“空间技术”、“能源技术”和“人工智能”（Artificial Intelligence，简记 AI）为世界三大尖端技术，这从一个侧面说明人工智能的重要性。

众所周知，前三次工业革命（第一次工业革命是以纺织机械的改革为先导，结果是机器大量代替了手工劳动；十八世纪的第二次工业革命，以蒸汽机为标志，以动力革命为内容；十九世纪的第三次工业革命使社会进入了电气时代）只是对人类体力劳动的代替与扩大，也就是前三次工业革命，虽然其主要内容有所差别，但其共同特征是延长了人手的功能，而第四次工业革命（也称新技术革命）却是对人类智能劳动的替代与扩大，也就是其目的是要延长人脑的功能。

目前所进行的，我国称之为新技术革命，在欧洲与日本称之为第四次工业革命；在美国称之为第三次浪潮，他们认为，人类经历的第一次浪潮是指农业的发明，它使人类终于摆脱了生产力低下的渔猎生活，进入长达几千年的农业社会。第二次浪潮则是十八世纪开始的工业革命，它使人类进入了经历约三百年的工业社会。目前的第三次浪潮，则把人类推向一个新的信息社会；在苏联将这次新技术革命称之为第二次文化革命，他们认为：第一次文化革命是文字的发明，它使人类摆脱了原始的蒙昧无知，开始建立起知识结构。而这次文化革命，则将使人类在自身的智能以外，又获得体外的第二智能（人工智能）。因此，科学技术文明的发展将具有更加空前的速度。实际上，只有当微处理机和人工智能的

出现，才预示着这次新技术革命的到来。正因为此，所以有的科学家曾经说过：谁掌握人工智能，谁就能征服世界。这从另一个侧面说明了人工智能的重要性。

那么，什么是人工智能呢？

什么是智能？智能究竟指的是什么样的功能呢？这个答案并非肯定确切。因此，把什么东西称之为人工智能的问题还是众说纷纭。不过，大家所共同承认的是，在实现人工智能的时候，推理、学习和联想三大功能是重要的因素。

人工智能是计算机科学的一个分支。它经过近三十年的发展，已初步形成自己的理论和技术体系。它是研究如何使计算机做事情，在人们看起来似乎是有智能的，其目的是：

使计算机更有用，更灵活：

了解构造“智能”的原理。

人工智能的研究，是从所谓问题求解 (Problem Solving) 开始的。早期的问题大都局限于棋、谜、游戏和简单数学定理等比较单纯的领域。例如1955年Samuel设计了一个下棋程序，这个程序具有自改善、自适应的学习能力。四年后，这个程序战胜了设计者本人，又过三年，这个程序战胜了美国一个保持八年之久的常胜不败的世界冠军。这项工作对机器模仿的学习过程，进行了卓有成效的探索。1958年 Rosenblatt研制了一种具有学习能力的感知器，想制造出“类大脑”的计算机来。这是从结构上模拟人脑的一种尝试。人们就以这些为突破口，探索人工智能研究的若干基本策略。目前人工智能的研究领域极其广泛，它几乎涉及到人类创造的所有重要学科，诸如数学、物理、计算机科学、心理学、生理学、医学、语言学、逻辑学、经济、法律、哲学等。因此，它是一门综合性边缘科学，大致包括下述内容：

- (1) 学习；
- (2) 自然语言理解；
- (3) 模式识别与景物分析；
- (4) 视觉与听觉；
- (5) 定理证明；
- (6) 专家系统；
- (7) 程序正确性证明，自动程序设计；
- (8) 博弈；
- (9) 绘画、作曲；
- (10) 智能机器人。

等方面的内容。

目前，人工智能是以实现推理机为中心的，关于学习和联想的机能还处于研究阶段。所以，当前在解决复杂的现实世界的问题中，人工智能的理论和方法，主要是以“专家系统”（Expert System简记为ES）的形式得到实际应用。实际上，应用了人工智能技术的专家系统大量的出现，正把计算机应用范围更广泛地扩大到社会生活的各个方面，所谓第五代计算机的核心技术就是专家系统。

用机械装置模拟人的智能——人工智能及其同属的，同类的科学——在头二十五年里试探了多条道路，走过了漫长的行程。条条道路汇合在一个中心论题上，认为所有智能活动，即理解、解决问题的能力，甚至学习能力，都完全靠知识。人们必须首先有知识，然后才能够理解，更进一步说，人们必须首先有知识，以后才能够知道更多的东西，而专家系统正是处理知识的系统。

二、什么是专家系统

1. 人类专家

为了说明什么是专家系统，我们先来看一看一个人具备什么条件才能成为专家。

一个人要成为专家，他至少必须具有某一领域的高深的知识与丰富的实践经验，而且一个人类专家，他所处理的工作，一般有以下两个特点：

（1）问题难于形式化和转换成计算问题，比方医生要诊断一个患者患有何种疾病，就很难用某一个数学模型，算出该患者患有什么病。这是因为，要诊断一个患者的病情，远非用一个数学公式所能解决，还必须有医生的临床经验等其他因素；又如同样一组油井的数据，不同水平的解释人员就会有不同的解释，为什么呢？这就是因为没有有一个统一的形式化模型，而必须加上解释人员自己的独有的经验等。

（2）领域知识通常具有多义性或不定性，一种知识若是非常肯定的，那么就用不着专家来处理了。正因为问题具有多义性或不定性，才需要利用专家的知识、经验等来处理。

因此，专家通常与缺少“严格性、准确性和条理性”相联系。

2. 专家系统

一般说来，人类专家总是稀少的，培养一个专家，不仅需要时间，而且需要高花费，又因为他们的工作“增加的价值”高，所以，社会里最昂贵的人是专家。研究专家系统的

目的就是：在特定的领域（比方说气象领域）中，使专家系统起该领域人类专家（如天气预报专家）的作用。在这种意义下，专家系统是一个基于计算机的领域专家（或说“计算机专家”）。

由于专家系统是一个正在发展的新兴课目，所以什么是专家系统还没有统一的严格定义，下面是一般公认的定义：

- 它是一个智能程序系统；
- 它内部具有大量专家水平的领域知识与经验；
- 它能利用仅人类专家可用的知识、解决问题的方法来解决领域问题。

也就是说，专家系统是一个具有大量专门知识与经验的程序系统，它应用人工智能技术，根据一个或多个人类专家提供的特殊领域知识、经验进行推理和判断，模拟人类专家做决定的过程，来解决那些需要专家决定的复杂问题，简言之，专家系统是一种计算机程序，可以以专家的水平（有时超过专家）完成专门的，一般是困难的专业任务。它把一般的，模仿人类的解题策略与这个问题所特有的大量实际知识和经验知识结合起来。因为这种专家系统的功能主要依赖于大量的知识，所以它常常被叫做知识基系统。由于这种系统经常被用来协助专家，所以人们又把它叫做智能助手。一般专家系统有以下三个特点：

（1）具有启发性

这就是它能运用专家的知识与经验进行推理和判断，这一点很重要，因为世界上的大部分工作都是非数学性的，只有一小部分活动是以我们在工程和物理运用中所看到的那种公式作为核心，甚至象化学学科中，思考大部分也是靠推理，而不是靠计算；对于生物学，大部分医学和所有的法律来说，

情况都是如此：企业管理的思考几乎全都靠符号的推理，而不是靠计算。

（2）具有透明性

也就是系统能解释本身的推理过程，能回答用户提出的问题。

（3）具有灵活性

也就是它能不断地增长知识，修改原有的知识。

在专家系统中，最基本的假设就是“知识就是力量”。美国的著名科学家爱德华·费根鲍姆说：“知识就是力量，电子计算机是这种力量的放大器，而能把人类知识予以扩大的机器也会把一切方面的力量予以扩大”。

还应该说明的是：在实际运用中，评论一个专家系统，一般是讲符合率，而不是讲准确率。比方一个医疗专家系统，若利用该系统诊断100个患者，其结果若与研制该系统的医生有九十五个相同，就说其符合率为百分之九十五。假设在这100个患者的诊断中与实际病情一致的只有70个，那么就讲它的准确率是百分之七十。为什么在专家系统的研制中只讲符合率而不讲准确率呢？因为专家系统的设计，是根据专家的方法、知识与经验而设计的。所以只要系统的结论与专家的结论相同，那么设计就达到了目的。至于准确率的高低，那取决于专家水平的高低（当然，系统有时水平会超过专家）。正因为如此，研制专家系统时，计算机工作者总是愿找该领域的知名专家合作。

三、专家系统的优良特性、 作用和意义

专家系统的研究工作最早始于六十年代中期。当时美国斯坦福和MIT的一些研究人员先后进行了第一批专家系统——DENDRAL系统（有关化学方面的专家系统。它从化学数据阐明分子结构细节的能力现在超过人的本领，包括其设计者的能力。这个系统已在世界各地的大学和工业界的化学实验室使用多年）和MACSYMA系统（有关数学方面的专家系统）的研制。此后二十年来，尤其最近十多年来，专家系统的发展十分迅速，各种各样的专家系统大量涌现。最近，专家系统的研制特别活跃，在理论上，人们提出了许多新的设计方法，而且许多重要问题的解决更趋成熟；在实践上，应用涉及的领域越来越多，在解决实际问题中所起的作用也越来越大。专家系统发展之所以如此迅速，空前广泛地扩展到人类社会的各个方面，受到领导层、科学技术界、工商企业界、医疗卫生以及军事部门等方面的高度重视和注意，是由于它具有下述优良的特性和它在经济、军事等方面的重要意义和作用：

（1）专家系统能够高效率，准确无误、周密全面、迅速且不疲倦地进行工作

不论是哪个领域的专家，工作起来总难免因疏忽、遗忘、紧张、疲倦等各种干扰以及时间限制（有的问题不允许处理时间过长）等因素而产生偏差和错误。例如，实践证明，临床医生的大多数误诊，皆来自疏忽，即未考虑到所有的可能性。事实上，一个专家，即便很正常的情况下，在处理一个

问题时，也可能不同的时间从不同的角度考虑问题，往往很难全面周密。

（2）专家系统解决实际问题时不受周围环境的影响

人是具有感情的，所以解决实际问题时，往往受周围环境的影响。比如一个医生，在出诊之前，家里发生了不愉快的事情，那么这一天，他看病就可能受到一些影响。又如一个天气预报员，根据资料预报下暴雨，结果没有下，造成了预报失真，下一次几乎根据同样的资料，但他可能因上一次的失真而不敢报了，结果又确实下了暴雨，又造成了漏报。可是计算机就不会发生这样的情况。它们由于其有条理的方法常常胜过编制它们的程序的那些专家；它们不会遗漏或忘记事情；不会疲倦，不会急急忙忙应付差事，也不会有我们人类所有的其他一些缺点，它们不怕脏不怕传染病不怕高温等等；人们不愿干的工作，它们可以毫无怨言去干，它们看病随病人方便，而不象平时那样是病人等医生。

（3）专家系统可以使专家的专长不受时间和空间的限制

人类专家的经验与知识是宝贵的，但人总是要死的，所以对一个专家的知识与经验及思维方法等，若不作很好的总结归纳，形成材料存储起来，那么一旦他去世，则他的一切也随之消失，而要把其留下来，最好的方法是搞他的专家系统。只要他的专家系统搞成了，就都永远保留下来了，这就是不受时间限制的意义。

人类专家总是少数，正如美国科学家费根鲍姆所说：社会里最昂贵的人是专家。比方说，社会上有名医生很少，尤其是小城市与广大农村名医更少，一旦研制成功一个名医的专家系统，那末，不论任何地方都可以应用这个专家系统。

北京曾研制了名医关幼波肝病治疗专家系统，据资料反映，河南省就移植了，这样，就相当于河南省有了一个名医关幼波。试想，假若我们将著名医生都在微机上研制成功他们的专家系统，而且将它们应用到乡一级，那就等于全国每个乡都有大批名医在作参谋。这对全国人民的健康将起多大作用。这就是不受空间限制的意义。

总之，由于专家系统是一个计算机智能程序，因此它将会永远保存，能拷贝成几十、几百甚至更多个副本。

（4）专家系统能促进领域的发展

专家系统的研制将使领域专家的专业知识和解决问题的能力得到总结和精炼。不少专家的经验与知识是不好总结的，甚至于好象只能意会而不能言传。可是为了研制专家系统，就必须总结归纳出专家的经验、知识以及思维方法等等。这样就促使专家冥思苦索的总结自己的经验，从而对该领域起促进作用。

由于专家系统有良好的透明性，因此专家系统有解释和教学功能，它能回答关于它做的一切，能把它的知识传授给用户。比方一个年轻而无经验的气象预报员，对专家系统预报明天下暴雨的根据不理解，那么，他可以问专家系统：“你为什么说明天要下暴雨？”这时，专家系统就会按专家的意见回答：因为什么什么，所以明天要下暴雨。这样，这个年轻的预报员就可以从专家系统中学到了专家的预报经验。因此，可以说专家系统是一部活的专业著作，它能强而有力地传播专家的知识、经验与能力。

由于专家系统有总结规则、发现问题的自学习功能，因此，促进了该专业领域研究工作的进展。

（5）专家系统能汇集许多领域专家的知识与经验和他

们相互合作解决问题的能力，因此，它解决问题的能力 and 知识的广博，往往使单个专家望之兴叹。

专家系统有时能比作为专家的人更好地处理问题内在的复杂情况，例如在设计、结构、数据分析、假设形成和诊断等问题方面，专家系统的工作往往超过了人类专家，这方面的专家系统有：

DENDRAL

该系统从化学数据阐明分子结构细节的能力超过专家的本领，包括其设计者的能力；

Meta DENDRAL

该系统具有自学习功能，它能自动发现、抽取这一领域的专业知识。迄今为止，它已在五个分子结构族发现了分子劈裂规则，其中三个是从前未报导过的新发现；

RI和XCON

它们用来配置VAX计算机系统，这两个系统在99%以上的情况下设计正确，创造了制造专家的记录。

Intelligentices

公司设计了一个帮助生物学家和遗传工程人员从事顺序分析和解释实验结果的专家系统。该系统在彻底、准确地做这项工作时胜过专家。

美国一家大工业公司研制了一个诊断汽动发电厂故障的专家系统。该系统的实验雏形，已充分显示出它明显超过专家的能力，该系统仅用几秒钟就正确诊断出一家发电厂造成停机故障的原因。而该发电厂的专家们经过好几天的努力还未能找到正确的诊断思路。

PROSPECTOR

1982年，一家公司用该系统在华盛顿州发现一处矿藏，这矿藏的价值为几百万—1亿美元。形成鲜明对照的是，该公司的勘探专家们一致认为这个地方没有矿藏。

当然，并不是所有的专家系统都能超过专家，我们是说高水平的专家系统可以超过人类专家。

（6）军事专家系统的研制，是一个国家实现国防现代化的重要环节。美国国防部高度重视军事专家系统的研制，一些新的更高级的军事专家系统研制成功之后，早期初级的军事专家系统才获准披露，这些系统有：战斗策略、飞机识别策略、航空母舰上飞机起落管理、海军海洋系统中心军事信息系统的智能接口、军事威胁评价、战术计划和军事信号处理系统等等。

（7）专家系统的研制和推广使用有巨大的经济效益和社会效益

1982年，美国一家勘探公司使用专家系统 PROSPECTOR，获利达几百万—1亿美元。

美国数字设备公司使用专家系统RI和XCON使之每年获利几千万美元。

美国一家大工业公司估计，如果用一个专家系统来协助推销员处理“日常营业”并核对账目，那么该公司每年可节省开支1亿美元。

施伦贝格尔有限公司从事新钻油井的岩石和油气情况的测定，该公司宣称，它发现了一个大有希望的商业机会，就是说除了为石油公司主顾做测定和试测工作之外，还可以向他们提供解释。该公司生产了用地层倾角和岩性分析的专家系统，还计划设计更多的专家系统。该公司总经理让·里布