

Artificial Intelligence:

Principles & Applications

人工智能原理及应用

刘国衡  
杨德仁

成都科技大学

## 前 言

人工智能这门学科是一门新兴学科，也是一门有趣而又艰难的学科。随着国内外科学技术的迅猛发展及计算机科学技术的日益普及，掌握这门学科知识的欲望越来越迫切。人工智能的核心问题是对问题求解，它的求解原理、原则、方法不仅是计算机工作者所渴求，而且对非计算机工作者、科学家、工程技术人员都是异常迫切需要的，它的原理、方法、技能涉及到人的思维所涉及世界的各个领域（包括已认识了的或尚未认知的）。根据计算机学科的需要和发展趋势，以及涉及计算机应用领域的发展和需要，该教材在本科生中试用了八届和非计算机学科的研究生中试用二次的基础上我们编整出这本教材。为反映当前国际人工智能研究的动态和水平，我们吸收了国内外教材的主要部分内容，有的是成熟的，有的尚处于探索的东西。但它却会给我们以启发。所以具有新颖的特点，适用性强的特点。编者预测计算机发展的趋势和特点而组织了本教材的内容。它可供计算机学科高年级学生所用；也可供非计算机学科的研究生所用；对计算机专业方向的研究生也可使用，也可适用于工程技术人员，科学工作者以及热衷于人工智能学科的工作者的参考书。

该教材内容分为两部分。第一部分包括绪论和人工智能原理，第二部分是人工智能的应用。原理涉及五章内容：命题逻辑和谓词逻辑基础；知识表示；推理技术；搜索技术；学习原理和方法。应用涉及三章内容：专家系统；计算机识别；自然语言的理解。本书要讲授100学时左右，有的内容不讲，40学时也适用。

本书由刘国衡主编。编写一、二、四、五、七、八、九章；杨德

仁编了三、六章。在编写过程中，得到罗友军同志的支持和帮助，  
在此表示感谢！

由于时间仓突，水平有限，错误难免，请读者批评指正。

编 者

1989年12月

# 目 录

## 第一部分 人工智能原理

第一章 绪 论	1
第一节 人工智能的产生和发展	2
第二节 人工智能的应用	6
第三节 当今计算机系统的缺陷问题	13
第二章 命题逻辑与谓词逻辑基础	15
第一节 命题、符号、定律、推论规则、规则	15
第二节 谓词逻辑	23
第三章 知识表示	34
第一节 适当的表示对问题求解至关重要	35
第二节 基于图的各种表示法	39
第三节 基于谓词逻辑表示法	44
第四节 其它各种表示法	51
第四章 推理方法	60
第一节 王浩算法	61
第二节 消解原理	65
第五章 搜索方法	90
第一节 基本搜索策略	90
第二节 启发式搜索方法	96
第三节 问题归约法	107
第四节 与-或图搜索方法	114
第五节 博弈树搜索方法	125
第六章 学习原理和方法	137

第一节	机器学习概述	137
第二节	死记硬背学习法	138
第三节	参数修正学习法	139
第四节	听取劝告学习法	140
第五节	用类推法学习	141
第六节	从例子中学习	143
第二部分 人工智能的应用		147
第七章 专家系统		147
第一节	概 述	147
第二节	专家系统的结构	149
第三节	对MYCIN系统的剖析	155
第四节	专家系统的设计步骤	164
第八章 计算机识别		168
第一节	感 知	168
第二节	模式识别的原理和方法	174
第九章 自然语言的理解		195
第一节	概 述	195
第二节	简单句理解	198
第三节	复合句理解	218
第四节	语言生成	225
第五节	机器翻译	226
	结 束 语	229

# 第一部分 人工智能原理

## 第一章 绪 论

人工智能是一门正在迅速发展新兴的综合性很强的边缘学科，它与原子能和空间技术一起被誉为本世纪的三大科学技术成就。人工智能的英文原名是 Artificial Intelligence，简称 AI。国内有人主张将 AI 译为智能模拟；在国外也有人主张用 Machine Intelligence (MI) 机器智能一词来称呼人工智能这一研究领域（如英国）；但国际上主要还是用人工智能这一术语。

所谓“人工智能”这一术语的定义迄今为止，由于人对人本身的认识还远未弄清楚，因而国际上还没有哪一个国家，哪位科学家把它定义清楚，现只能说：人工智能是以人工的方法去模拟人的智能行为。而智能又是自然界人和动物所具有的共性，是大脑思维本能的表现行为。但人的天然智能是其它动物不可比拟的。因人具有一个独特的高级神经系统。人的智能活动是一种高度复杂的脑功能，都是一些复杂的生物的、心理的思维活动过程，所以有人把智能称之为“智慧的才能”、“思维能力”，即从知识和心理能力的有机结合整体中产生出来的分析问题和解决问题的能力。思维是大脑的属性，是大脑对客观现实间接的、概括的反应。思维过程则是一种高级的生物的、心理的活动过程。离开了大脑，就根本谈不上思维。其种种智能表现可归结于感觉、记忆、归纳、演绎和效应等五个基本要素。

**感觉**—感觉器官所获得外界的一切信息，进行接收、变换、预处理后传入大脑形成感觉。是大脑进行各种复杂处理的原料，是一切智能活动的基础，没有感觉就没有智能活动。

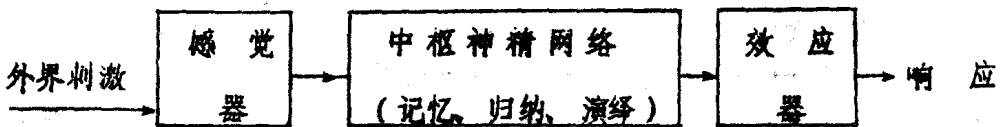
**记忆**—大脑对各感官传来的外部信息进行记忆，它可分为长期记忆和短期记忆。各种信息先被放入短期记忆中，然后经过反复的和强烈的刺激才被转入长期记忆。记忆是整个大脑的综合效应。信息在大脑中进行分布存贮。记忆的基本特征是联想。联想记忆也是大脑进行各种复杂智能活动的基础。

**归纳**—是人认识客观事物的基本思维方式。对各种刺激进行分类整理，抽取其共同特征，从而形成与客观外界事物相对应的概念，总结出与各类事物间客观存在关系相对应的规律。

**演绎**—利用归纳所得的概念和规律，用形式逻辑和辩证逻辑的方法来解决各种问题的脑功能（包括逻辑推理、数值计算），它是常用的思维方式。

**效应**—思维结果通过效应器官作出响应，反映在客观世界中。

由上述要素可构成思维系统工程，其结构可用下图表示。



其思维的主体是记忆、归纳、演绎、它构成人的联想、学习、认知、推理等四大智

能机理。计算机是可以模拟它们的。人工智能就是对人类感觉和思维规律的模拟，是随着电子计算机、控制论、仿生学、心理学、数学、哲学等学科的综合发展而新兴的一门边缘学科。

人工智能与人类智能仅是机械的简单映照关系，两者的共同机制都是信息处理过程，都是有限的信息转换关系。但前者以物理实现为基础，而后者则以高级神经活动为基础（即生物的和心理的），二者有其本质区别。

人工智能在国际上主要有计算机学派、心理学派和仿生学派，他们各自有一套主张。但其共同目的都是在探索人类智慧的秘密，用人工的方法去获取有智慧的机器。其不同之点，就计算机学派而言，无非希望计算机能更好地模拟或替代人的脑力劳动，更期望计算机具有更高的推理、联想、学习和认知的功能，使计算机更“聪明”，提高其解决问题的能力，从而远胜于人的能力速度去探索具有重大意义的数学、科学和工程中尚未发现的秘密及其替代方法。

而机器智能又和认识模拟（Cognitive Simulation）不同，与仿生学（Bionics）也不一样。认识模拟是从心理学的角度去模拟人的思维。仿生学则是研究人的神经元的结构和机理，研究如何去模拟它。

就本质而言，人工智能的目标就是让计算机如人脑一样地工作，它具有推理、联想、学习和认知的本领。它之所以引人注目，其主要原因就在于使计算机能依它所取得的大量知识总结出自己的一套工作规律（比如专家系统），这样计算机就不再是被动式或填鸭式，而是主动式或称具有创造性。对于这点有人还怀疑，其实在人工智能应用系统就可完全说明，引人自信了。

## 第一节 人工智能的产生和发展

很早以来，人们就在探索能进行思维或推理的智能机器，这可追溯到古代科学家们的研究工作，记载无穷。逻辑学的创始人，古希腊的哲学家Aristotle（384-322，B.C）是研究人类思维规律的鼻祖。最早提出制造可以解决各种问题的通用逻辑机的是十二世纪末至十三世纪初的西班牙神学家和逻辑学家Romen luee。十七世纪法国的物理学家和数学家B. Passal（1623-1662）制成世界上第一台机械式加法器，并在他生前得到广泛的应用。随后，法国的哲学和数学家G.W. Leibniz（1646-1716）在B. Passal加法器的基础上进一步制成了可进行四则运算的计算器。他还提出了“万能符号”和“推理计算”的思想，这是现代“思维”机器设计思想的萌芽。而且他被后人尊为数理逻辑的第一个奠基人。19世纪，英国的数学家G. Boole（1815-1864）在《思维法则》一书中，第一次用符号语言描述了思维活动中推理的基本法则，实现了莱布尼兹的理想，创立了《逻辑代数》（即布尔代数）。近代史上研究“思维”机器最高成就属于英国的数学家C. Babbage（1791-1871）。他毕生致力于差分机和分析机的研究。其分析机的设计思想与现代电子数字计算机十分相似。但因当时种种条件的限制，未能在科学园地上开花结果。致使一百多年后科学家们不得

不重走一遍他已走过的道路，成为科学史上的一大憾事。

在本世纪中，为现代人工智能的出现作了大量开拓性贡献的是英国的数学家A.M. Turing (1912~1954)。他在1936年提出理想计算机模型(即图灵机)创立了自动机理论，把计算机理论研究大大地向前推进了一步。1945年他在为英国ACE计算机提出的一份长达50页的设计说明书中，进一步发展了他关于电子数字计算机的设计思想。遗憾的是这些超人的见解大部分未被采纳，也未公诸于世。直到1977年英国计算机学报才透露说：图灵1945年设计思想的21种特点中，已有15种由别人重新提出并在机器上实现，如变址寄存器，微程序设计，虚拟存储器 and 变址指令等等。1950年图灵在“计算机能思维吗？”一文中明确提出了“机器能思维”的观点，并设计一种检验机器智能的实验(即著名的图灵测验)。

探索智能的奥秘，也引起心理学家和生理学家的重视。1943年，W.S. McCulloch和W.H. Pitts就提出了神经网络的数学模型。他们从神经网络的生物原型出发，最早最明确地探索了脑功能。有人把这一尝试看作是智能模拟的开端。

1946年美国的数学家J.W. Mauchley (1907~1980)和研究生J.P. Eckert合作，研制成功了第一台通用电子数字计算机ENIAC，这为人工智能的研究奠定了物质基础。

1948年美国的数学家N. Wiener创立了控制论；美国的数学家C.E. Shannon (香农)创立了信息论；同期美籍奥地利生物学家贝塔朗菲创立了系统论；英国生物学家W.R. Ashby (阿希贝)出版《设计一个大脑》一书。五十年代初，有更多的科学家和工程师投身到这项研究工作中来。1956年C.E. Shannon和J. McCarthy (麦卡锡)广泛收集了关于智能机器研究的十三篇论文，汇编成《自动机研究》一书。

人工智能的研究直到五十年代后期随着数字计算机的发展，具有真正意义的研究才开始形成。而且很快在定理证明，问题求解，博弈和Lisp语言以及模式识别等关键领域取得重大突破，人工智能作为一门新兴学科受到世人的注目。

1956年美国的A. Newell (纽厄尔) J. Shaw (肖)和H.A. Simon (西蒙)合作编制了一个名为逻辑理论机(The Logic Theory Machine简称LT)的程序系统。该系统模拟人用数理逻辑证明定理时的思维规律。它用分解(把一个问题分解若干子问题)，代入(用常量代入变量)和替换(用一个逻辑符号替换另一个逻辑符号)等方法来处理特征的问题，如果这些子问题最终能转换成已知的公理或已证明过的定理的形式，那么该问题就得证了。分解、代入和替换属于推理规则，先解决子问题然后解决总问题是程序给定的解题步骤。只要事先在机器中存入一组公理和一组推理规则，LT程序就可以在探索中求解问题。利用LT程序，纽厄尔等证明了A.N. Whitehead (怀特黑德)和B.A.W. Russell (罗素)的合著：《数学原理》的第二章中的38条定理(1963年在一部较大的计算机上终于完成了该章中全部52条定理的证明)。一般公认这是用计算机对人的高级思维活动进行研究的第一个重大成果，是人工智能研究的真正开端。

另一个重大突破是S.L. Samuel (塞缪尔)，1956年研制成功的具有自学习、



自认识和自适应能力的跳棋程序。它和LT程序都是第一次在计算机上运行的启发式程序。这个跳棋程序可以象一个优秀的棋手那样向前看几步后再走棋，可向人学习下棋经验或自己积累经验，还可以学习棋谱。它在分析了175000幅不同棋局后，可以归纳出书上推荐的走法，准确率达48%。这是模拟人类学习过程的一次卓有成效的探索。（1959年这个程序已击败了它的设计者，1962年又击败了美国一个州的冠军）。

科学家们的实践证明计算机能够思维，而且很有成效。因而J. McCarthy和数学家M. Minsky等人发起，邀请了A. Newell等十位数学家、神经心理学家、信息论和计算机等方面的学者和工程师，在美国的Dartmouth大学举行了会议，成为有名的人工智能达特茅斯夏季计划。在会上从不同的角度探讨了“人工智能”的可能性。J. McCarthy提出以Artificial Intelligence（人工智能）这一术语来命名（简称AI）得到与会者一致赞同，这就是“人工智能”一词来称呼AI这一研究领域。对于它的研究方向正如著名的P. H. Winston教授所讲：“The Central goals of Artificial Intelligence are to make Computers more useful and to understand the principles which make Intelligence possible.”

在会上，美国就立即形成了三个以“AI”为研究对象的研究组织：

1、以A. Newell和H. A. Simon为首的Carnegie工科大学——Rand公司协作组。

2、以M. Minsky和J. McCarthy为首的MIT（麻省理工学院）研究组。

3、以A. Samuel和H. Gelerenter为首的IBM公司研究组。

它们是今天美国几个有名的人工智能研究中心的前身。

在那时“AI”研究有重大贡献的奠基人就是心理学家A. Newell以思维模拟著称，数学家J. McCarthy以数理逻辑著称，数学家M. Minsky以启发程序为著称。他们分别指导着Carnegie、MIT、Stanford大学的AI研究室的发展，成为当代“AI”的最有名的关键人物。在欧洲，人工智能的先驱者有英国爱丁堡大学D. Michie（米切依）和B. Mottzner（梅特泽尔）。

在三十三年中，“AI”得到了很大的发展。在诸方面取得了很大的成果。比如下棋机，加了自学习和积累经验的功能在1959年战胜了设计者自身，1962年击败了美国一个州的跳棋冠军。同年，在机器自动证明数学问题，H. Gelerenter发表了证明平面几何问题的程序。

1959年纽厄尔、肖和西蒙等人又通过心理实验，发现人在解题时的思维过程都大致可分为三个阶段：①首先想出大致的解题计划；②根据记忆公理、定理和解题规则，按计划实施解题过程；③在实施解题的过程中不断进行方法和目的的分析修订解题计划。

1960年，A. Newell等人又根据人在解决不同问题中共同思维规律，编制了通用问题求解程序General problem Solving简称（GPS），该程序可以解11种不同的课题，使启发性程序有了很大的普遍性。同年J. McCarthy研制出表处理语言Lisp，它不仅处理数值而且方便的处理符号，在AI的领域得到广泛的应用。它

武装了一代人工智能科学，被荣为“人工智能”的数学。

在1963年J.R.Slagle发表了不定积分搜索程序，编进了人们求不定积分的许多技巧，结果机器的解题行为与人相似。

1964年，IBM成员Kolowd设计了一个程序，模仿学生证明定理的过程，诸如加辅助线等来证明定理，结果机器与学生证的差不多。同年D.C.Bobrow研制出了能理解高中数学问题的程序“STUDENT”，随后MIT和SRI(Stanford研究院)都先后开展物体识别智能机器人的研究。

1965年J.A.Robinson提出了归结原理，使定理的自动定理证明有了重大突破。后经改进达到相当实用程度。

1974年美国人工智能科学家N.J.Nilsson把整个人工智能领域分成四个核心课题和八个一级课题，并讨论了它们与其他学科之间的联系。文中还提出智能科学的设想，1980编在“第二次科学革命和智能科学”一文中正式提出人工智能的核心课题求解。它包括形式化、机械化和自动化三个基本环节。用这样一主线三个环节可将AI中，目前已经掌握的那些原理和方法统帅起来。1981年意大利的学者M.Somalvico等人在“人工智能的问题和未来”一文中也提出了一个以问题求解为中心的人工智能结构。总之人工智能的理论体系正在逐渐清晰起来。

1976年美伊利诺斯大学数学家K.Appel和W.Haken在计算机上用1200小时解决了地图填色的四色问题而轰动了世界数学界。

在自然语言的理解上Chomsky的短语结构文法和转换文法对理解自然语言研究起了很大作用，1972年T.Winograd的理解自然语言的程序把语法、语义和推理规则以相互交织的方式运用，使机器的理解力更强。

1982年Log<sub>0</sub>语言的出现是人工智能研究的产物。1977年在英国，一种逻辑型的以推理为机制的Prolog语言的产生使得问题求解方面向前迈进一步。

人工智能的理论研究和技术技能的不断发展，从而推动了人工智能系统突飞猛进，并走向实用阶段，世界的潮流，诸如对机器人世界的研究和应用（包括感知系统、视、听、说），专家系统的研究和应用引起世界科学发展的国家的政府和科学界的极大兴趣。同时取得了可喜的成果，达到适用阶段；人工智能的研究和发展也引起计算机本身的一场革命，如美、日正加紧研制的第五代计算机就是研究面向人工智能的计算机。

由于人工智能科学不断发展，世界各类科学家都比较敏感，对探索人脑思维的机器思维再现感兴趣，这对促进其信息交流就显得特别重要，因而在1969年成立了国际人工智能联合会(International Joint conference on Artificial Intelligence——简称IJCAI)并决定每两年召开一次。具体情况如下表所示。

目前已有许多国家成立了人工智能学术团体，如美国人工智能学会(AAAI)，英国的AISB，意大利的GLIA，加拿大计算机智能研究会(CSCSI)，西德的KI和中国人工智能学会(CAAI)等等。

“AI”有自己的杂志“Artificial Intelligence”，1970年创刊，双月刊。专用的人工智能杂志和文集还有“IJCAI会议录”、“人工智能(日文)”、

届次	时 间	会 议 地 址	主 席
1	1969	华盛顿(美)	Molden
2	1971	伦敦(英)	D. E. Walker
3	1973	斯坦福大学(美)	M. Clowes
4	1975	第比利斯(苏)	E. Sandewell
5	1977	麻理省工学院(美)	R. Rodd : g
6	1979	东京(日)	田中幸吉
7	1981	哥伦比亚大学(加拿大)	P. Hayes
8	1983	格登寺城	Saul Amarel
9	1985	(美国)	
10	1987	米兰(意大利)	Alan Bundy
11	1989	Detroit Michigan (美国)	Wolfgang Bibel

“Machine Intelligence (英国)”, 计算机智能研究会文集(加拿大),  
“Cognitire Science (美国)”。另外杂志刊如CAM、AFIPS、IEEE、  
IFAC、IFIP等等, 都刊登AI的内容。

我国在党和政府的关怀下, 人工智能已得到很大的发展。经全国各地人工智能工作者的努力于1981年9月20日在湖南长沙召开了中国人工智能学会成立大会, 会上于光远同志代表国家科委、中国社会科学院, 中国科学院讲了话。会上产生了中国人工智能学会理事会, 由55名理事组成, 常务理事七人, 由秦元勋同志任理事长。学会有自己的杂志“人工智能学报”, 1982年正式出刊。至88年底已分别举行过第四届全国人工智能学术讨论会, 特别是1983年是面向人工智能应用的学术讨论会。在教育系统是以吉林大学王湘浩教授为首的人工智能讨论会, 已分别进行了第八次学术交流会, 每年一次, 85年在四川开, 由西南交大、川大和我校筹办。88年在江西大学召开这些会充分显示了我国人工智能的欣欣向荣的景象。1986年11月中国计算机学会中也分别设立了人工智能及模式识别学术委员会, 学术交流也开展得非常活跃。

## 第二节 人工智能的应用

研究人工智能的原理方法和技术的目的还在于应用, 从上述就可看出它已应用到很广的领域, 其最主要方面表现如下几个方面。

## 一、问题求解

计算机的本领就是计算，使问题获得其解，但就“人工智能”范畴的问题求解，则是模拟人求解问题时的思维能力。比如搜索方法，包括了穷搜索和有序搜索，此方法是对已知节点的搜索过程，而对未知终节点的搜索则是产生与/或图方法进行搜索。当然对于对策性的问题则可以博弈的方法去解决。对复杂的问题也可以归纳的方法去解决等等，其中有些方法对于克服组合性的信息爆炸是个有效方法，它们都是模仿人在求解问题中的思维效应。

## 二、定理自动证明

在数学中一个臆测的定理寻找一个证明，这确实是个智能任务。这不仅需其假设去演绎，而且需其某些直观的技巧，譬如猜测应该首先证哪一个引理。问题归纳法在定理证明中有其重要的用途。

定理的自动证明的研究在人工智能的发展中曾产生过重要的影响。例如：所谓逻辑语言的演绎过程的形式化有助于更清楚地理解某些推理，许多非形式的事务，包括医学诊断和信息检索均可与定理证明问题一样加以形式化。

我国吴文俊教授的判定法进行定理证明的机械化取得重重的成果，引起国内外数学家和计算机科学工作者的高度重视。

## 三、自然语言的理解

自然语言的理解就是一个有能力理解用自然语言来表达信息的计算机系统。语言的生成和“理解”是一个极为复杂的编码和解码问题，语音差异的语义的多义对语言的识别和理解带来很多的障碍。建立一个能生成和“理解”哪怕是片断的自然语言（比如英语）的计算机系统是异常困难，其原因就在于语言已发展成为智能生物间的一种通信媒介，其主要用途是在某些环境条件下把一点“思维结构”从一头脑传输到另一头脑，而每一个头脑都拥有大量的、高度相似的周围的思维结构作为公共文本，对于一个自然语言理解的计算机系统就要求不仅仅有上、下文知识，而且拥有由信息发生器所承担的推理过程。现理解对话和理解书写的片断语言的计算机系统其基础是有关表示上、下文知识结构的某些人工智能的思想以及根据这种知识进行推理的某些技术。

## 四、模式识别

用人工智能模拟人的感觉问题，诸如听、视、触觉的“感知”是模式识别的任务。感觉尚有赖于去思维识别。目前研究比较多的是图象、文字及声音的识别，这就要计算机理解有关感觉到事物的基础知识。感觉的东西经过特征抽取变换为反映该事物特征属性的信息。经过“统计模式识别”或“结构模式识别”方法去处理，从而达到识别。

或者通过搜索知识库与该信息进行匹配和专家知识的推理判别而达到识别。这门工程学的发展，会使计算机长眼、长耳、长咀、有感觉有“理解”能力的认知系统。

## 五、智能机器人

智能机器人是能独立决策和适应性地行动的机器人，它能根据感觉和识别机能而自行决定动作的机器人。

Stanford 研究所 (SRI) 的 Minsky 认为智能机器人主要有如下四种软件：

- 1、机器人能独自发现一种方法，以完成人给予的任务（问题求解）；
- 2、机器人用眼、耳、触觉等感觉器官来了解周围的状态（感觉和模式识别）；
- 3、能记忆并灵活运用诸如机器人工作环境的状态，规则以及自己的经验等知识（知识的表达）；
- 4、能理解并会讲英、日等语言（自然语言处理）。

上述四种软件并不孤立而是相互联系。

除 MIT、SRI 研究机构开展研究外，英的爱丁堡大学，日本电气公司、早稻田大学、日立公司中央研究所等单位都研究出了不同类型的智能机器人。

七十年代末，由于人们对机器人的兴趣，机器人视觉和推理等研究的进展，智能机器人的研究又开始活跃起来。它不仅在人工智能的理论研究方面作出了贡献，而且在航天、海洋作业以及人不能介入的地方去发挥巨大的作用。

智能机器人研究和应用占统治地位的是美国，其次是日本，但日本在应用领域发展迅速。

美海军研究室的智能机器人对水中物体有敏感和识别能力，能独自在水下不熟悉的环境里进行工作。MIT 研究的神经传感遥控机器人（telepresence 系统），可在空间象人一样做出模仿人的各种动作。

美国防部在 1987 年宣布 Hofman 智能侦察坦克系统研制成功，完成战争演习，安全返回。该系统具有会听、说、看、嗅、推理、学习、认知等功能的计算机系统。它操纵着无人驾驶的坦克在模拟的战场上，发现敌对目标进行攻击。但已被敌方击翻一转，自己又翻回正常状态去击败敌方而胜利返回。美国的 SRI 和 MIT 主攻了机器人的视觉、触觉系统、声相监控技术及机器人的运动控制技术。世界上第一个机器人售货员于 1989 年 1 月 1 日在美的明它阿波利斯的一家音乐商店里卖激光唱片。

日本计划逐步用具有自我感觉，自作判断的智能机器人代替目前工业机器人。1986 年早稻田大学工学部教授加藤一郎等研制小组研制成功乳腺癌自动触诊机器人，具有触觉 25 个指头的医用机器人可以检测和识别乳房肿块。同年日本工业技术院的机械技术研究所开发出动作轻柔的机器人手臂，象人的胳膊那样把重物推开，抚摸豆腐那样的软东西而不碰坏的机器人手臂。这就是模仿人的筋骨的生物体模仿技术。预期，这套机构可用于假肢，或把人抱起来的护理机器人。1989 年 1 月日本海洋学家研究成功能快速潜水 300m 深处作业的机器人。

21世纪人类将着手开发月球，智能机器人将大显身手，日本宇宙开发事业用筑波宇宙中心正在从概念设计日本的月球表面宇宙基地，即由宇宙用的具有高度人工智能的机器人在月球表面建设居住设施，建立氧气以及水等生活必需品的供给后，使人类走向月球。这是21世纪引入注目的宇宙活动。

## 六、自动程序设计

编译程序干着“自动程序设计”的工作，但这里的“自动程序设计”是指它能接受关于输入程序要实现什么目标的非常高级描述，然后产生一个程序。这种高级描述可能采用形式语言的一条精确的语句（如谓词演算）或者可能是一种松散的描述（如英语）。

自动编制一分程序来获得某种指定结果的任务同验证一分给定的程序将获得某种指定结果的任务是紧密相关的。许多“自动程序设计”系统将产生一分“程序验证”输出。

“自动程序设计”研究的重大贡献之一是作为问题求解策略的调整概念。如先产生一个不费事的有错误的解，然后再修改使之正确的作法，往往效率还更高。但必须具有识别错误的知识和修改错误的规则。

## 七、从数据库中进行智能检索

数据库系统是储存某学科大量事实的计算机系统，其存贮方式使其可回答用户提出的有关该学科的各种问题。相关数据库的发展就是知识库。为知识有效表示、贮存和检索大量事实已发展了许多技术。当寻找和搜索数据库中的事实来进行演绎推理的答案时，以智能检索就显得特别重要。穷搜索效率低，启发搜索就显其有效。如果设计数据库系统与智能搜索技术相配合，则对提高智能检索的效率有其重要意义。

## 八、专家系统

专家系统是计算机具有某种专门知识和若干常识，并使其综合运用这些知识，以便在这个特定领域内代替专家从事某项工作或充当其参谋、顾问的程序系统。它是以知识为基础的智能推理系统，它区别于一般通用问题求解系统就在于专家系统强调在某一专业领域内积累大量的知识（包括实际范例以及该领域专家们所具有的经验 and 规律）构成知识库，（包括数据和推理机制），在此基础上发展其专家领域的知识，使之达到模拟专家的程度。所以专家系统具有独立的数据库、规则和控制三要素。专家系统的知识是由人赋予它的。软件人员把某些专家知识归纳为许多“IF...THEN...”的规则，成千上万的这些规则就构成为一个宝贵的知识库，然后由一个推理启发程序去检索这个知识库，从而为用户提供问题的答案。

检索知识有两种方式，一是正向，二是反向。正向检索是从“事实”出发寻找“结论”，反向检索是把结论作为假设，然后用已有的规则去验证这个假设是否成立。正反

向混合推理一般先根据知识库中的原始数据，通过正向推理帮助系统提出假设，再运用反向推理，进一步寻找支持假设的证据，如此反复直到推出最终的结论。

推理启发程序在系统中是通用型，它不仅只循着一条固定的决策道路前进，在检索一个结论时，它可以不同的决策道路去寻找。

所以一个专家系统的功能特点，取决于推理启发程序要去检索的那个知识库的具体内容，只要改变一下知识库的内容，甚至于只要改变其中一条规划，这个专家系统功能或推理结构就跟着改变。

世界上最有名的专家系统是Stanford大学发展起来由Feigenbaum(1977年)总结的几个专家系统中水平最高的DENDRAL系统，它根据复杂的有机化合物的质谱图和有关数据计算它们的结构描述。认知计算机有效地进行对化学分子结构进行分析。另一个是Shortliffe和Davis在1976年公布的对细菌感染的诊断和疗法的MYCIN系统，第三个是1978、1979年由Duda等人所述的帮助地质学家进行矿藏勘探的PROSPECTOR专家系统，第四个是1977年由DOB Lenat的AM和1981年P.W.Langley的BACON科学发现系统，把大量的专业知识组成系统的知识库，进一步发现新概念和科学规律。这几个专家系统的发展应用在世界产生了极大的影响。

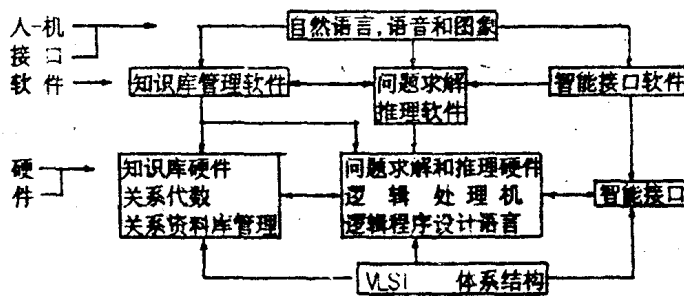
我国在这方面取得成果也是显著的。特别是专家系统在医学方面的应用获得了良好的效果。比如北京模拟关功波中医专家的系统，湖南模拟谭习张诊治肝炎经验，张怀安诊治中心性视网膜，视神经炎，球后视神经炎的经验，郭振球诊治常见病经验等的“微型机中医诊疗专家咨询系统”。北京名医朱仁康诊治湿疗皮炎经验的“ZRK-82”专家诊疗系统，这几个专家系统的符合率都达到了97%。在成都的模拟我国著名中医骨伤科专家郑怀贡教授的诊治软组织损伤经验的“电脑诊疗系统”诊断准确率较高达到90.1%，基本准确率为3.9%；处方的符合率达到94.9%，基本符合率为5.1%。在中医方面的专家系统不仅继承我国的中医宝库，而且也满足我国人民的身体健康的需要将产生不可估量的作用。因为人们在病中的时候，总希望有一个专家去挽救他(她)的生命，使之痊愈康复。另外浙江大学“智能模拟彩色图案CAD系统”能设计和作色上亿张的图案，这对轻纺花色的设计和选择提供了良好条件并创造了很大的价值。我国在石油勘探方面也正不断出现专家系统来进行地质资料处理。

从上述可看出，如果大力开发微机智能系统，将会带来巨大的经济效益和社会效益！

## 九. 第五代计算机

由于LSI和VLSI的发展使计算机的发展有很大飞跃，但计算机系统的结构仍是冯·诺依曼系统。但由于人工智能学科的研究与发展，促使人们去想破除冯·诺依曼系统结构而发明新的计算机结构系统。日本以提高生产效率、增强国际竞争能力、弥补天然资源的不足和开拓老年人工业为其出发点，急于发展所谓第五代计算机。为此日本信息处理开发中心组成一个研究委员会1979年上半年开始研究，1981年5月提出一分研究报告。其战略是同IBM的技术决裂而独立开发新型计算机，研究非冯·诺依曼计

算机，开发知识信息处理系统（KIP）。同年八月日本通商产业省举行13国256名代表参加的第五代计算机系统的国际会议，会议认为现在软件异常庞杂，发展软件困难重重，引入新的结构非常困难，因此第五代计算机就必须采用全新的设计思想。这种计算机的基本构成将是一个以VLSI为基础的冗余处理机，使用自然程序设计语言和智能性很强的人—机接口。在会上第五代计算机的发起人之一东京大学教授Tohru moto Oka谈了他所设想的第五代计算机将由三级构成：第一级超级个人计算机，第二级服务计算机，它包括若干职能各不相同的三类机器：①为用户加工，②为机器本身通讯网络和分布式数据库的处理事务；③是主控机器、控制系统程序和掌握整个系统。第三级是专用机或公用机。通过专用机或通讯网络与第一、第二级相联接。第五代计算机使用非常高级的语言称为核心或中心语言。其系统结构图如下所示。



1982年4月，日本通产省标准7月1日组建“新一代计算机技术研究所——简称ICOT (Institute for New Generation computer Technology)。它由日本政府、产业界和学术界三方面组成。除组织者外规定年龄在35岁以下，共50名工作人员。在东京市南部的一大银行的第21层楼办公。所长Kazuhiro Fuchi。

机器结构设计师是Vchida。

发起人是东京大学教授Tohru Moto oka富士通公司总经理，IcoT的现任付主席Takuma Yamamoto日本通产省官员Sozaburo Okmatsu。

计划约十年分三个阶段，投资约1000亿元。全部研究分三大部分共十个课题。

第一是基础系统，包含三个课题：知识库管理系统、问题解决——推理系统、智能接口系统。

第二是智能系统的后接系统，包含二个课题：智能程序设计系统，知识库设计系统。

第三是基本应用系统，该系统有五个课题：机器翻译系统、声音应用系统、图形、图象检索系统、询问、应答系统、应用问题解决系统。

第五代计算机的最终目标，是使系统拥有解答问题和推理的能力，能管理自己的知识库，并通过智能接口与外界通信。主要研究的几个内容是：

### 1、第五代计算机的核心语言

目前软件工程和人工智能的研究对现存软件系统所不能解决的各种问题（比如求解



的问题与程序设计语言间。程序设计语言与计算机结构间存在着较大的“语义间隙”，阻碍了软件的开发和软件的生产性提高)而提供有效的解决方法。其方法之一就是要求一个新的程序设计语言。这方面逻辑程序设计语言和函数型程序设计语言是较为合适。它们可提供平行处理的能力和改善软件可靠性的验证能力。扩展的Prolog语言就是第五代计算机上的高级程序设计语言的一例。

## 2、问题解决——推理系统

该系统的目的是开发新的系统结构来有效地支持由核心语言所规定的推理功能。该系统把逻辑程序设计语言、数据流机器结构及VLSI紧密结合起来。而问题—推理机可看作为高级语言机器。其功能为实现推理。最后求解问题。

## 3、知识库系统

该系统要求存取20000条规律和100兆个数据。其功能应具有大量知识情报。当接受问题解决——推理系统的质询时，应能有效地进行检索，并检索得到的知识送交问题解决——推理系统；当接受问题解决——推理系统送来的知识应能有效地对知识进行编辑，并送入知识库系统。其研究的内容为知识表达和知识累积的技术。

## 4、智能接口系统

要求第五代计算机方便于用户，因此要求机器本身具有象自然语言、声音、图形、画象来进行会话的功能。

## 5、VLSI是第五代计算机的物质基础

砷化镓和约瑟夫逊结将被选择作VLSI的材料。

第五代计算机的开发计划着眼于确立具有智能的计算机技术。人类知识以一定形式加以表现，在计算中积累并被利用来解决用户所提出的问题。

美国虽然在AI领域里的理论和应用成果方面领先，但在研制第五代计算机的计划上却落后于日本。因为ICOT在83年十二月研制成功了能演绎推理法进行的一台连续推理机；84年五月又研制成功能以高速存取、检索和更新大量数据的有理智的数据库机。日电气电话公司同年4月份又设计出第五代计算机的硬件部分。1988年11月20日ICOT宣布研制成功“第五代计算机”一号机样，具有记忆、联想、推理等近似人的思维能力的机能，已相当于小学六年级水平。该机的特点是能理解过去计算机感到棘手的人的模糊语言，分析离散信息，具有逻辑推理能力，而且，它还能把这种“推理机器”6.4台并列直接连接起来同时处理。向实用化开辟了道路。该项成果世界把它称之为“计算机又有新突破”，作为88年科技重要成就。尽管如此但也要看到美第五代计算机的主攻方向是人工智能。数年前国防部也宣布要制造会听、会说、会思考的计算机。作了相应的对策。美国海、陆军在匹兹堡卡内基—梅隆大学等科、教单位的支持下，86年联合研制成“霍夫曼”智能型无人驾驶侦察坦克。它形体如船，有枪、炮、通讯雷达等设备，但还有翅膀和垂直螺旋桨。它的驾驶、射击、摄影，全由智能计算机完成；它“看”、“听”、“嗅”到的敌情现场，直传一百五十公里以外的指挥屏幕。夜间接近目标，用微光系统摄影；自身受到攻击，可据弹着参数确定方位予以还击；任务完成后，可自动返回营地。这标明美国已有相当进展。第五代计算机目前主要突破“推理”