

人工 智 能

[美] P. H. 温斯顿 著

科 学 出 版 社

人 工 智 能

〔美〕 P. H. 温斯顿 著

倪光南 周少柏 译

黄 汎 校

科 学 出 版 社

1 9 8 . 3

内 容 简 介

本书介绍了“人工智能”的各个主要方面。内容包括知识的表达、约束的利用、搜索和控制方法、自然语言理解、计算机视觉、问题求解等。此外，书中采用适用于人工智能的计算机程序语言 LISP 作为工具，详细描述了各种实例的程序设计。

全书共分十七章。第一章至第九章是各种方法的论证。第十章至十六章相应地给出程序的说明。第十七章集中了各章节的思考问题。附录是 LISP 语言的一些基本函数的简要说明。

本书题材比较丰富，内容深入浅出，叙述较为系统而全面。它可作为高等院校计算机专业的教科书，也可供从事有关计算机科学研究的科技人员阅读、参考。此外，本书对其他想了解计算机智能原理的人们也有一定参考价值。

本书第一章至第九章由倪光南同志翻译，第十章至第十七章由周少柏同志翻译。

IS460/32

Patrick Henry Winston
ARTIFICIAL INTELLIGENCE
Addison-Wesley, 1977

人 工 智 能

〔美〕P. H. 温斯顿 著

倪光南 周少柏 译

黄 汎 校

责任编辑 黄岁新

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983年12月第一版 开本：787×1092 1/16
1983年12月第一次印刷 印张：20
印数：0001—7,800 字数：456,000

统一书号：15031·538
本社书号：3337·15-8

定价：3.10元

前 言

有可能在一个学期内学完这一本书，但这需要下决心，而且这样就不能再学许多其他的课程。比较好的做法是把本书的内容分成两部分，第一部分从第一章到第九章，不包含程序设计内容；第二部分从第十章到十六章，集中于讨论程序设计。

■ 采用本书关于人工智能基本思想导论的第一部分作为一个学期的课程，开头五章应当给予特别的重视，因为它们考察了基本的思想，诸如知识的基本表达方法，符号约束的利用，搜索和控制的方法等。在这些章节后面可以选用后四章中的一些课题，包括理解自然语言，表达常识的含义，计算机视觉和解决专门问题等。

■ 采用本书的第二部分作为关于 LISP 的一个学期的课程，它的用途以及所导出的语言概念类似于 PLANNER 和 CONNIVER。

■ 利用本书第一部分和第二部分中叙述的程序之间的对应关系，构成一个学年、两个学期的连贯课程，有些人可能宁愿先取第二部分。

■ 从第一部分和第二部分交替取材，同时取用基本思想和实现基本思想的程序。这样做的一种方法是将第一部分的观念作为讲座的内容而将第二部分的程序设计作为小组讨论会的内容。按这种方式，第一部分的前三章可以同第二部分的前三章并行地进行，然后是第四章和第十三章，这两章都讲搜索方法，可以紧密地衔接。最后是关于控制的第五章和关于语言的第六章，它们同关于解释产生式系统和编译扩展转移网的第十五章相配合。这种并行取材的方式，再附带其余章节中的材料，也构成了一个学年、两个学期的连贯课程。

目 录

第 一 部 分

第一章 智能计算机	1
人工智能领域和本书	1
更聪明的计算机能帮助解决当今世界上的一些问题——了解计算机智能是研究一般智能的一种方法——本书的一些章节包括这个领域的基本思想	
计算机能做什么	4
计算机能做几何类比的智能测验——计算机能够学习——计算机能理解简单的图画——计算机能理解简单的英语——计算机能解决专门问题——计算机能进行工业生产——计算机能模仿心理过程	
第二章 识别相似物和学习简单的概念	11
不同的表达方法	11
不同表达方法的综述——表达方法在效能上有颇大的差异	
类比智能测验	12
规则由三部分的表格组成——子图形的关系是简单的——第一部分和第二部分集中于子图形之间的关系——规则的第三部分集中于子图形的变化——进行规则比较的一种简单记分法——需要进一步改进规则——子图形的匹配可能不是唯一的——程序的工作是满意的——几何类比过程表明了良好描述的价值	
学习简单的概念	19
网络形式便于作更好的描述——学习房屋的概念是容易的——描述和近似样品的重要性——学习拱的概念需要更复杂的差别处理——主要差别的类型只有几种——差别描述可能包括一般注释——可以用若干方法进行鉴别——学生和教师分担了工作	
第三章 利用自然约束	29
景物分析中约束的利用	29
线条可分成少数几种类型——三面的顶点只形成 18 种许可的结点类型——景物分析工作一部分是搜索正确的结点标号——非三面顶点物体要求更多类型的线条解释——光照增加了约束——实验证实了理论所能做的工作——实验指出了理论的失败处——Waltz 得到的结果说明了一般性的约束现象	
句子分析中约束的利用	43
简单句子集中于描述状态和状态的改变——名词词组的格表明同它的目标动词之间的关系的性质——多种约束帮助确定一个名词词组的格——语言依赖于许多约束源——解决格的特性帮助解决动词的二义性——虚词也能帮助选择动词的意义——上下文进一步增加了约束——约束解决了句子的分析问题——用动词 TAKE 的例子说明约束如何发生相互作用——格的填充帮助回答问题	
第四章 搜索法	54
基本搜索法	55
深度优先法在树的深度方向搜索——横向优先搜索法在搜索树中均匀地推进——穷举法可能是不现实的——局部测量使深度优先搜索法变为爬山法——爬山法遇到了许多障碍——在多维情况下的爬山法——爬山法可能把注意力从描述和表达方面转移出来——在相似性空间中应用爬山法加速识别过	

程——最佳优先法从最佳部分路径向前试探——分支界限法从最短的部分路径向前试探——采用“与”/“或”树，使问题求解过程类似于搜索

网络中的标号传播65

普通搜索法不利于寻找图画的线型标号——Waltz 的方法进行迭代得到适合的结点标注

处理对手的搜索问题68

博弈的对手性质使博弈树的搜索与前不同——知识越少搜索越麻烦——使用预先估计法需要局势评价和极小极大法—— α - β 法简缩了搜索树—— α - β 法可能没有多大帮助——启发式搜索法限制了搜索工作量

第五章 控制法79

控制问题79

Simon 说明蚂蚁的行动是受海滨地形控制的——了解控制意味着了解程序的相互作用

因-果分析和通用问题求解程序80

对差别进行操作是 GPS 的关键思想——罗宾利用 GPS 的方法到洛杉矶去——通常 GPS 产生前向链而不是后向链——GPS 方法包含了控制法的几个有效的观点——STRIPS 是 GPS 的一种实现——追忆的算子序列帮助 STRIPS 解决较困难的问题——延迟递归使 STRIPS 得到一种规划能力

产生式系统和局势-动作规则88

产生式系统对许多问题求解任务是有用的——罗宾用产生式系统鉴别动物——如果有许多产生式都合格，有一些方法确定采用哪一个产生式——演绎系统产生“与”/“或”树——演绎系统可以向前或向后推断——使用的目的有助于确定如何利用演绎系统——产生式系统控制法有很多特点——产生式系统的特点在某些情况下可能是缺点——如果需要许多东西，产生式必须分入子系统中

产生式系统和人的问题求解94

产生式系统可以作为人的某些问题求解能力的模型——利用调查记录的分析来推测产生式系统

第六章 含义的含义98

积木块世界98

有限领域的会话是语言研究中的基础——罗宾的关于积木块世界的会话——罗宾只有很少的事情可以谈论——理解需要有多级的处理技术——在积木块世界中格的分析是直截了当的——罗宾利用对象的描述和动作的名称——理解把描述和世界联系起来——在积木块世界中把名词词组转译成程序是有意义的——名词词组程序寻找名字

名词词组的结构106

语法是描述语言的机构——递归的转移网也能够处理语法信息——通过转移网积累事实——扩展转移网规定了附属的效应——罗宾的词典包含程序段——一组特征确定了相应的程序的形状

问题和命令的解释113

有些关于“什么”和“多少”的问题很容易进行处理——命令要求将功能的名字与物体的名字匹配

第七章 知识的框架表达法116

网络和框架116

MINSKY 的框架理论是一种具有丰富的符号结构的理论——在某些情况下语义网络的表达方法变成了类似于框架的格子阵列——拱和房间的框架说明了框架理论中的一些关键思想——信息检索网便利了鉴别——转移网利用句子片断来填充简单框架中的格子——格语法是描述句子的类似于框架的理论

常识的推理和概念的从属123

一些基本动作可以表示许多复杂的活动——概念的从属联系处理因果关系——任务可以看作是动作和状态变化的序列

新闻报道与儿童故事	130
理解新闻看来包含着寻找框架和填充格子的过程——填充起来的框架有助于回答问题——在知识表达方面还有很多工作要做	
第八章 计算机视觉	135
计算机视觉继承了其他学科的成果	
模式识别技术解决与计算机视觉不同的问题——生理学的研究揭示出视觉包含巨大的信息处理量	
图象分析	137
对积木块世界已进行了长期的研究——知识导引的跟踪方法产生积木块世界的线形图画——即使在积木块世界中亮度的波形也需要滤波处理——处理实际世界需要用要素图——要素图的度量可确定纹理结构——梯度空间提供照明的约束	
景物描述	148
广义圆柱体可以描述平面和曲面物体——瓶子是简单的广义圆柱体	
第九章 知识工程和教育法	154
关于知识的问题	
涉及什么种类的知识？——知识应当怎样表达？——需要多少知识？——什么是真正需要的知识？——现今的专门问题求解程序会给人以假象	
质谱图分析	155
DENDRAL 可以帮助化学家找到化学结构式——实验的质谱图分析有助于得出候选结构——综合每一候选结构的质谱图帮助选取最佳的一个	
医治细菌感染	158
MYCIN 可以帮助内科医生诊断感染——MYCIN 是一个后向链式的演绎系统——MYCIN 计算确定度系数——MYCIN 与顾问医生用英语对话——MYCIN 系统可以回答许多关于它的知识和性能的问题——MYCIN 可以通过交互作用方式吸收新的知识	
教育与学习重要的概念	162
儿童可以操纵机械龟走迷宫——通过操纵龟走迷宫使儿童学得了一些重要的概念	
关于计算机智能的谬论	166
计算机永远不可能.....——因为计算机不能象莎士比亚那样写作，象贝多芬那样作曲或者象牛顿那样从事科学研究，所以计算机不是有智能的——计算机只能做已由程序编好叫它们做的事情——因为晶体管与神经细胞不同，所以软件永远不可能相当于脑子——概率机制产生灵感和说明自由意志——计算机永远不会有审美观点——智能决不可能被理解	

第 二 部 分

第十章 了解程序设计	170
程序设计的任务	
程序是可检验的——程序设计已经导出有关知识表达的新的重要的概念——程序化的实现促进严密性——工作程序明显地限定所执行任务要求的信息处理能力——程序可以是理论的干净利落、精确的说明	
LISP 的任务	171
LISP 被广泛地使用——LISP 是易于学习的	
第十一章 基础LISP程序设计	174
符号处理	

LISP 程序和数据是用 s 表达式来构造的——CAR 和 CDR 把表拆开——常常特意地用引号来禁止求值——组合 CAR 和 CDR 使得程序设计更容易——APPEND 和 CONS 构造表——原子具有值——谓词是一个函数，它的值是 T 或 NIL——谓词帮助 COND 在选择项中选出一个值

LISP 的程序设计.....184

DEFINE 创造新函数——变量可能是自由或受限的——递归允许函数使用自身——常常调用 MAPCAR 和 APPLY 处理变元表——用 LAMBDA 处理局部定义——解释程序有助于解释 LISP 如何工作

第十二章 积木块世界192

规划移动顺序192

GET 和 PUTPROP 是特性表的主管函数——PROG 创造变量并执行迭代——积木块世界系统要求一些数值计算函数——积木块世界系统的过程是比较透明的——PRINT 和 READ 帮助函数与用户通信——积木块世界系统具有一些变态分层结构的特色——模拟是直观的——积木块世界问题是对规划思想的有效检验

回答有关目标的问题203

积木块世界系统能适当地反省——记录函数的调用形成有用的历史

从数据获得程序206

函数和实物类型形成一个表格——变元可以提供它们自己的过程——可用 FUNCALL 计算函数名字或描述——数据-驱动的程序设计正在流行

第十三章 博弈世界210

实现极大极小搜索210

基本的求极大极小是容易实现的——动作生成和求极大极小可以互相交织

添加 α - β 修剪212

α - β 导致某些复杂性—— α 和 β 值在树上下流动——一个函数可以为游戏者双方服务

第十四章 符号模式匹配220

基本模式匹配220

匹配包含类似的 s 表达式的比较——同时赋值为匹配操作增加了表达功能——限制限定了模式变量可以匹配些什么——许多匹配问题遗留着

模拟的精神病医生228

医生程序似乎可以理解——医生程序是愚笨的

代数学学生230

除了英语到前缀的变换之外，实际的词问题还要求一点别的工作——复合语句首先被翻译为核心——英语到前缀的翻译把核心变换为方程——翻译的表示法是很重要的

第十五章 实现嵌入的语言235

编译扩展转移网为 LISP 程序.....235

满足扩展转移网构成一类匹配——对扩展转移网写 LISP 是容易的——可以根据明晰的说明书编译 ANT 网的 LISP 译本——Fexprs 是不对它们的变元求值的函数——编译程序通常是重要的任务

解释产生式系统245

罗宾使用产生式移动某些家具——类英语的产生式易于变换为方便的表示法——产生式系统解释程序是简单的

用 LISP 写 LISP254

一个可以用少量 LISP 函数解释的简单符号处理语言——LISP 很适合定义 LISP——通常以理想的控制结构作为基本 LISP 解释程序的出发点

第十六章 数据库和守护程序259

圣经世界	259
ADD 和 REMOVE 修改数据库——FETCH 和 TRY-NEXT 找出模式的实例——数据库的改变可以触发守护程序——守护程序是有用的——DEFINE-DEMON 把守护程序引入数据库——守护程序可以被添加和移去——如果需要守护程序被 FETCH 和 TRY-NEXT 活动所触发——守护程序处理苹果跌落问题——FETCH 和 TRY-NEXT 是灵活的	
多重世界	270
多重正文简化了问题求解知识的探索——增加正文所要求的工作——实现是极为低效的	
过程派和说明派	273
人们关于知识应在程序中还是在数据库中的争论——过程派和说明派秘密地一致了	
第十七章 思考问题	276
附录 一些基本的LISP函数	303
索引	307

第一部分

第一章 智能计算机

这本书是作为人工智能这个新领域的入门教科书。第一章说明研究人工智能的重要性，概述这一领域并举出一些例子表明已取得的进展。

人工智能领域和本书

人工智能所研究的是使计算机能够做那些表现出人的智能的事情。但究竟什么是人的智能呢？它是推理的能力吗？它是获得知识和运用知识的能力吗？它是加工和交换思想的能力吗？当然，所有这些都是智能的一部分，但它们并不是所谓智能的全部内容。实际上，下一个一般性的定义似乎是不可能的，因为智能似乎是一个包含着许多的信息处理和信息表达技能的混合体。

然而我们可以定义人工智能领域的研究目标：

■ 人工智能的中心目标是为了使计算机更加有用和了解那些使智能的实现成为可能的原理。

因为一个目标是使计算机更加有用，所以计算机科学家和工程师需要知道人工智能如何能帮助他们解决难题。又因为另一个目的是为了智能本身更好地了解一般性的智能，所以心理学家、哲学家、语言学家和其他想了解人的智能的人们也需要懂得和估量他们所学到的东西。本书的目的就是向所有这些人介绍人工智能进展的情况，好在这不需要专门的基础知识，甚至也不需要计算机程序设计的经验或者熟练的数学技巧。

更聪明的计算机能帮助解决当今世界上的一些问题

我们真的需要使我们的计算机更聪明些吗？看来是这样。众所周知，我们必须巧妙地运用我们的能量、食物和人力资源，因而我们必须从计算机得到高质量的帮助来达到这个目的。随着世界变得越来越复杂，这就要求计算机不但帮助我们进行通常的那种计算，而且也要进行显示出智能的那种计算。

不难想象计算机在未来世界中的应用，以今天的标准来看，很象科学幻想。这里举出一些例子：

在农业中，计算机将控制病虫害，进行剪枝，并能有选择地收割套种的庄稼。

在采矿业中，计算机将在对人来说过于危险的条件下工作，它将在海底发掘锰。

在制造业中，计算机将进行装配以及检查各种工作。

在办公室中，计算机将编制有关人员和团体的各种表格，把问题提交给适当的人，

做新闻摘要，推敲文件草案，改正拼写和文法的错误。

■ 在学校中，计算机把它的学生们的的问题看成是要找的错误，它将给学生提供“计算机化的超级书籍”，如在微处理机上显示出在轨道上运行着的行星和演奏乐谱。

在医院中，计算机将帮助诊断、监护病人、处理治疗和管理床位。

在家庭中，计算机将考虑烹调和采购，清理地板和草地，担负洗衣和处理生活费用等。

当然，现在这些事情都是不可能的，但人工智能有助于使它们成为可能。

了解计算机智能是研究一般智能的一种方法

热衷于人工智能的人们相信，利用计算机了解智能的主要问题及其范围，对于心理学、哲学和语言学的传统方法是一个有力的补充。他们的理由如下：

■ 计算机最适合于实验。计算机是理想的实验对象，它有无限的忍耐力，它不要食物，也不会咬人。而且，可以很容易地从计算机的程序中除去某一部分知识，用以测试这一部分知识究竟具有何等的重要性，而以同样的精确度来划分动物的脑子是不可能的。

■ 计算机科学提供了丰富的借鉴。使用计算机已产生了用以说明怎样去做事情和怎样描述事情的丰富的新语言。借用和模拟这些概念使得思维变得更有效能。

■ 计算机作出的模型是精确的。在实现理论中能发现概念上的错误和疏忽，这甚至连最仔细的研究者通常也会放过。这样常常会发现一些重大的障碍，而它在思考和实验过程开始之前甚至一点也不会被当成问题看待。

■ 计算机理论限制了任务要求，一旦程序完成了一个任务，就可以叙述这个任务需要有多少信息处理量，一般说这是个上限，因为很难保证没有较好的想法可以更容易地完成这个任务。

应当指出，要使计算机具有智能和要求计算机模拟智能并不是一回事。人工智能鼓舞人们去揭示应用于一切有智能的信息处理机的原理，而不仅仅是用神经组织代替电子设备。因此，它既不是片面地模拟人的智能，也不是片面地应用似乎包含在人的智能中的方法。总的结果是采取一种崭新的观点，它产生新的方法论且得到新的理论。

这个新观点的一个结果可能是有关如何使人变得更有智慧的新概念，正如关于人的信息处理的心理学知识能帮助计算机具有智能一样，研究纯粹由计算机导出的理论，常常会启发如何更好地教育人。换句话说，使计算机程序更聪明的方法论可以用来使人变得更聪明。

本书的一些章节包括这个领域的基本思想

为了解人工智能，或要在这一领域里工作，人们必须懂得一些基本思想，如表达知识，利用约束，搜索空间和控制注意力等等。这本书的第二章到第五章是对这些基本思想的定义和说明。

第二章，识别相似物和学习简单的概念 每个人都知道，往往困难的问题从不同的着

眼点来看就是简单的,因此必须有合适的问题描述法。本章在计算机智能的范围内,通过说明一个执行几何类比问题的程序和一个学习辨认玩具积木块结构的程序来说明这个问题。

第三章, 利用自然约束 一旦实质性事件得到了适当的描述,约束的出现可以使问题容易解决。例如在基本代数问题中就是这样。在本章中,这些约束限定了那些线如何能在一个图中配合在一起,以及那些字如何能在一个句子中配合在一起。

第四章, 搜索法 有时不利用某些可能的解决方法就无法解决问题,例如各种走迷宫问题,下国际象棋和下跳棋等问题就是这样。

第五章, 控制法 计算机的注意力在解题程序内部的方法集合中如何转移的问题和搜索问题有很大的关系,本章直接集中于注意力问题,并考虑两个著名的范例——通用解题程序范例和产生式系统范例——致力于建立一些有用的技术。

这些章的基本思想提供了产生智能行为所需要的一些信息处理能力。下面的问题是,怎样才能把它们组合为面向任务的计算机程序。第五章到第九章就这个问题,集中讨论了如何使计算机用人的语言会话,理解常识,观察世界和巧妙地解决难题。

第六章, 含义的含义 计算机处理一个句子,有时必须把句子翻译为一种适合于解决一定问题的内部描述,我们将考察,为了进行自然语言问题的某些研究,在一个只包含玩具积木块的世界范围里,需要做一什么。

第七章, 知识的框架表达法 要真正地理解语言,看来需要关于世界的许多常识,包括人们如何交互作用的知识,看来前面章节所研究的表达方式是不适合的,这里要研究一种较好的方式。

第八章, 计算机视觉 看来在计算机理解图象也同理解语言一样,较好的表达方法是一个关键。要真正深入地讨论视觉问题,还必须认真研究光从物体表面上反射的规律。

第九章, 知识工程和教育法 成功的应用使任何科学更加引起人们的兴趣。为结束本书的第一部分,我们首先考察一个帮助作一种医学诊断的程序和另一个进行一种化学分析的程序。然后指出,在智能程序的原理中具有某种可称之为知识工程的东西,接着我们可以看到怎样将程序设计的思想有效地引入到基础教育中去。

在所有这些方面,我们对将来进展感到乐观的一个理由是在于这些基本思想得到了频繁的应用,因而这些基本思想是通向丰硕成果的渠道。例如一个关于视觉的卓越的思想会立即推动解决专门问题的进展,反之亦然。

此外,在人工智能领域以外也有助力,许多学科对这一新领域作出了贡献。由于智能研究要求如此之多的力量,许多已建立的学科所面临的问题和进行人工智能研究的人们有自然的联系。在这些学科中,语言学、模式识别、决策理论和自动定理证明等都有重要的内容要讨论,但在本书中没有强调这四者之中的任一个,这有两方面的原因,一是它们中的每一个学科都是一个已发展完善的领域,需要整部书的论述,而不只是一章的提要所能概括的,二是它们中的每一个学科都需要一种数学基础知识,而这是本书未予考虑的。

然而,应当明白对人工智能领域的一个贡献,是计算机程序设计在人工智能中的继承。为了深入地理解前九章中引入的思想,需要观察它们在程序形式中的体现,相应于这种需要,本书研究了 LISP,并附有根据前面的材料写成的一些例子。

第十章，了解程序设计 本章讨论为什么程序设计是重要的以及由此可以学到些什么。

第十一章，基础LISP程序设计 下面是一个 LISP 程序设计语言的引论和符号处理的思想。

第十二章，积木块世界 本章目的是表示一个面向目标的程序设计例子，并说明一些关于特性表处理的问题，该实例程序制定将玩具积木块从一处移到另一处的规划，在必要时谨慎地移去障碍物。也叙述了自动回答有关目标问题和数据驱动程序设计。

第十三章，搏奕世界 实现在前面有关搜索的章节中叙述的一些搜索的策略，并进一步研究了关于搜索的策略和实现它们的程序中所包含的递归。

第十四章，符号模式匹配 如果提供符号的模式匹配，程序设计将变得更容易和更有效。这里我们考察了如何实现一个匹配程序，部分是为了练习 LISP，部分是为了理解它的本身问题。本章还有一个作例子的游戏程序，解决以简单英语提出的中学代数问题。

第十五章，实现嵌入的语言 匹配在自然语言和其他地方是十分重要的，但是匹配必然是相当复杂的。在本章的开始表明如何在 LISP 中嵌入一个扩展转移网匹配语言来部分地实行这一工作，然后实现一个产生式系统解释程序作为在 LISP 中嵌入语言的另一个例子。这样，对产生高级语言的一般过程可有更清晰的理解。

第十六章，数据库和守护程序 在与事实库交换基础上触发程序已成为在 LISP 中嵌入的普通语言的重要特性，就像 PLANNER、CONNIVER 和 PLASMA 等语言。

计算机能做什么

上面已列出本书所研究的思想，现在让我们考察一些典型例子，说明一旦用这些思想编制了计算机的程序，计算机将能做什么。但是要小心，就像容易持教条主义的悲观态度一样，人们很容易成为一个盲目的信徒。应当指出很多问题还没有被发现，当谈及计算机能做什么时，往往应以“在一定程度上”这个前提开始，在大多数场合，基础研究现在还仅仅处于正在变成工程实践的过程中。

计算机能做几何类比的智能测验

图 1-1 表明用在智能测验中的类比问题的典型例子，被测验的人必须辨认出作为答案的图形，它最适合于以下关系：若 A 类似于 B，则 C 类似于 X。Evans 写了一个能力相当于高中水平的程序，它的成功表明了良好的、有目的描述的作用，该程序和本节的其他许多程序将在下面阐述。

计算机能够学习

现在用一些程序表明计算机学习的能力。一个是从图 1-2 所示的关于拱形的序列中学习新的概念。另一个由 Lenat 写的程序，处理如相乘、提因子和素数这类概念，它表明程

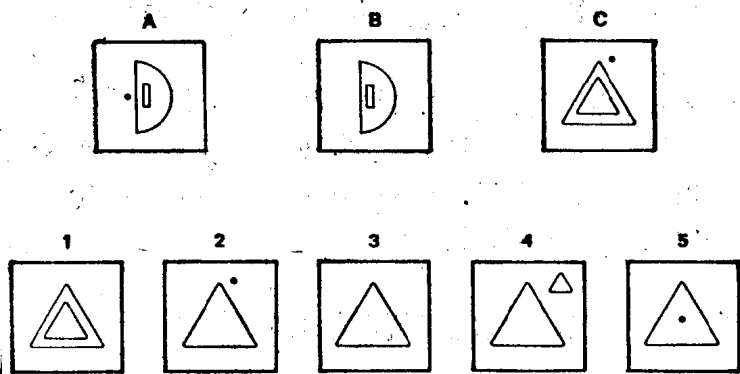


图1-1 Evans的类比程序很容易处理这个问题，它把1作为最好的答案。
这一程序写于六十年代初期，具有高中二年级的水平

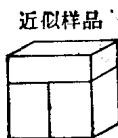
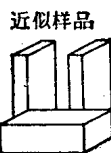


图1-2 Winston的概念学习程序从一系列样品中学习关于拱形的概念。程序判断拱形是由两个不接触的砖形物支撑的一个砖形或楔形物

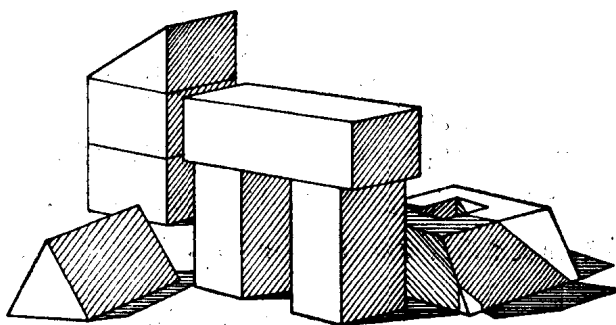


图1-3 Waltz的景物理解程序应用关于顶点的可能形状的知识进行线的分类，典型的景物有缝、阴影、边界、凹线、凸线

$$\int \frac{x^4}{(1-x^2)^{5/2}} dx =$$

$$\arcsin x + \frac{1}{3} \tan^3 (\arcsin x) - \tan(\arcsin x)$$

图1-4 Slagle的积分程序是一早期的成功作，现在它已过时了。其性能相当于很好的高等学院的新生，较新的程序的功能没有人能比得上

序能发展数学,甚至令一些职业的数学家感到兴趣和鼓舞。特别是,Lenat的系统遇到了最大可除尽数的模糊观念,这是即使Lenat自己,显然还有大多数其他数学家过去从未想到过的。

其他典型的学习例子集中于获取过程的知识。由Fikes, Hart和Nilsson陈述的一个系统为机器人制订越来越复杂的规划,这个机器人能推箱子、开门、开灯,它借助于调回原来的规划并改写之以适应于新的情况。其他由Sussman和由Goldstein提出的系统借助于调试几乎是正确的程序而进行学习。

计算机能理解简单的图画

装备电视摄像机的计算机能看得很清楚以便处理玩具积木块世界。它作出关于存在何种物体,它们之间存在什么关系,以及它们形成什么组合的结论。这些程序指出图1-3的景物由八个物体组成,包括在中间的前景中组成一个拱形的三个物体。它进一步观察到在拱的左边是一个楔形物,在右边是一个有孔的斜形砖。而由三个物体组成一座塔竖在背景处。

产生这一能力已经需要有很广泛的关于图象约束、知识表达、问题求解和复杂的控制结构的思想。理解具有曲线的物体更为困难,但也已取得了进展。

计算机能理解简单的英语

现在已有几个程序能够进行关于限定主题的对话。Winograd的程序以玩具积木块世界为对象,Wood的程序以月亮的岩石为对象,同Winograd的系统的交互作用的例子将在后面关于语言理解的一节中讲述。

计算机能解决专门问题

数学是需要智能的第一个领域,在那里计算机达到了专家的水平。自然,计算机能以不可想象的速度进行运算,如Slagle指出的,计算机在它的关于微积分计算的经典程序中能做更多的事情。Slagle的程序接受积分问题,产生的答案如图1-4所示。虽然它作为一个程序设计的例子是很简单的,但它能自如地应付大学考试的问题。近期的程序,如MIT的MACSYMA系统,做得还要好些,因为他们有更多、更好的知识,没有人可与之匹敌。

Feigenbaum和他的同事们也指出了计算机解决问题能力的一些好的例子。一个程序系统DENDRAL足以很好地理解质谱图,解释如图1-5的数据,它具有有机化学大学毕业生的程度。另一系统MYCIN用以帮助内科医生诊断和治疗一些细菌的感染。MYCIN的初步试验表明它超过平均水平,接近于专家的水平。

Sussman和Stallman还创造了另一个先进的程序,这一程序能理解电子线路,他们的程序理解如图1-6那样的线路是采用类似于人的推理的方法,而不是硬性地求解网络方程。这一系统的优点在于它能以工程师可理解的术语证明它所做的事情。

相对频率

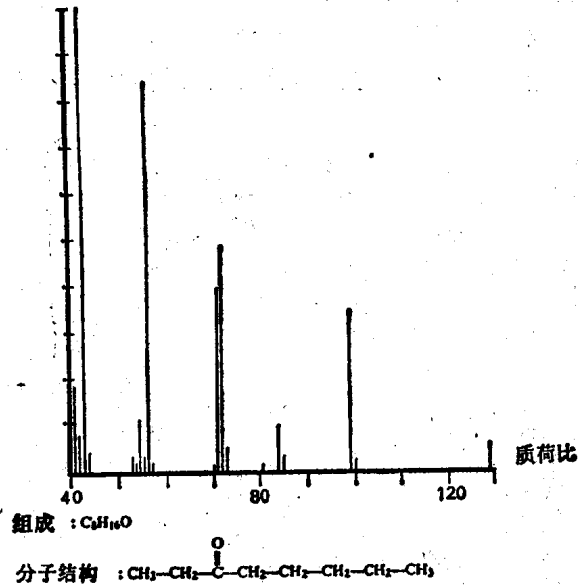


图1-5 Feigenbaum的DENDRAL是一个分析质谱图数据的程序，它接受质谱图和化学公式并探索分子结构，程序的工作质量相当于专家水平

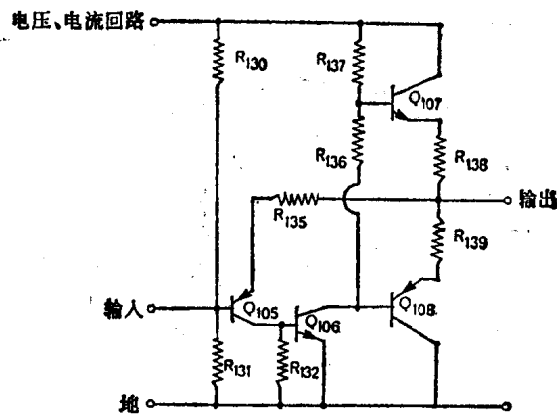


图1-6 Sussman的和Stallman的电路理解程序用类似于人的推理方法确定网络的电压和电流，它对复杂的电子器件用电气工程师易于理解的术语进行说明

计算机能进行工业生产

令人高兴的是计算机最终可能会做人们越来越拒绝去做的那些肮脏的、危险的、有失身份的、厌烦的或报酬很差的工作。随着社会的进步，这些职务必须由灵活的、有智能的系统去做，或由专门建造的机器装备用硬性规定的方法去做。至今还是以专门机器为主。虽然一个人的两只脚很少会是同一尺寸的，但几乎没有人穿定做的鞋，而定做的衣服同样也可以采用现成的标准规格。

虽然图 1-7 表示的装配件与鞋或衣服很不相似，然而它象征着生产线的一种替代物。

图上表明在计算机控制下的、能容许变动的手和臂做出一个八片组成的径向配合的装配件。使人惊讶的是它仅需要简单的程序设计思想，依靠计算机对工作对象的感觉，没有多大的必要在工作中采用严格一致的零件以及精确的装配机械和复杂的装配架、夹具、钳子等等。

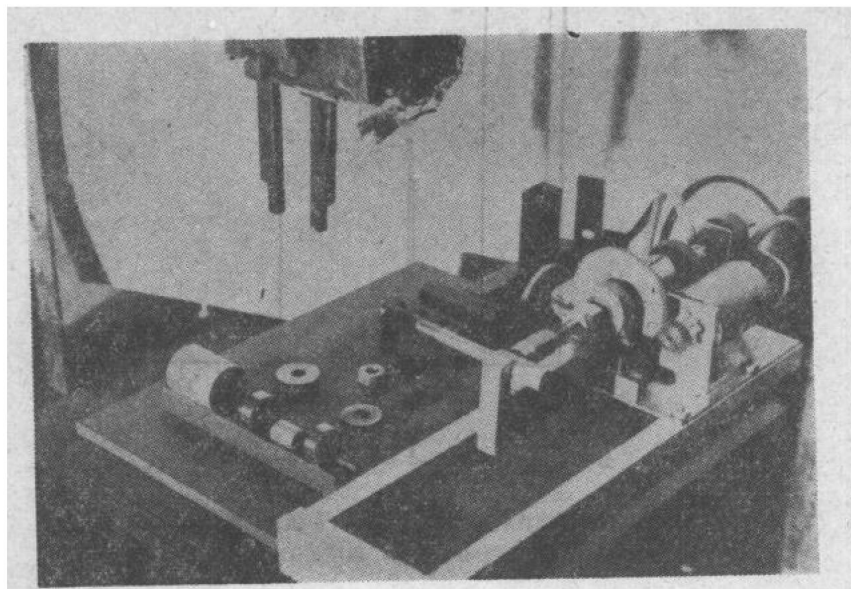


图1-7 Inoue的机械装配程序利用对力的感觉，处理12 μ m的容差

计算机能模仿心理过程

某些心理学家从事人工智能的研究为的是从信息处理的观点理解人的思维，联想概念记忆是其中的一个研究领域，另一个是研究人解决问题所包含的模型，它表现出一些短期记忆现象诸如聚合、潜伏和溢出等，这些模型既用程序也用人作为试验对象加以测试。

自然，通过另一种方法也可以利用人同计算机智能的相似性，只要注意到计算机和人必须依赖同一基础才能具有智能，那么，智能计算机的程序必然成为研究和增进自然智能的形式和类似物的一个丰富的源泉。许多人相信制成聪明的程序的方法论可以转用于造就聪明的人。

小 结

人工智能在社会上的许多领域有巨大的、潜在的应用前景，各个领域中的领导者必须知道人工智能的概念。

■ 计算机作为研究智能的一种工具，有一些明显的优点。由此发展出来的理论可以比较精确，而且它能给出所要求的信息处理的界限。

■ 利用和某些基本领域有关的信息处理能力，智能行为可以用一些基本尺度表达出来，其中，知识的表达可能是最重要的，此外是约束的利用，搜索和控制等。

■ 计算机已能做许多看来需要某些智能的事情，他们能解决许多问题，例如解决专