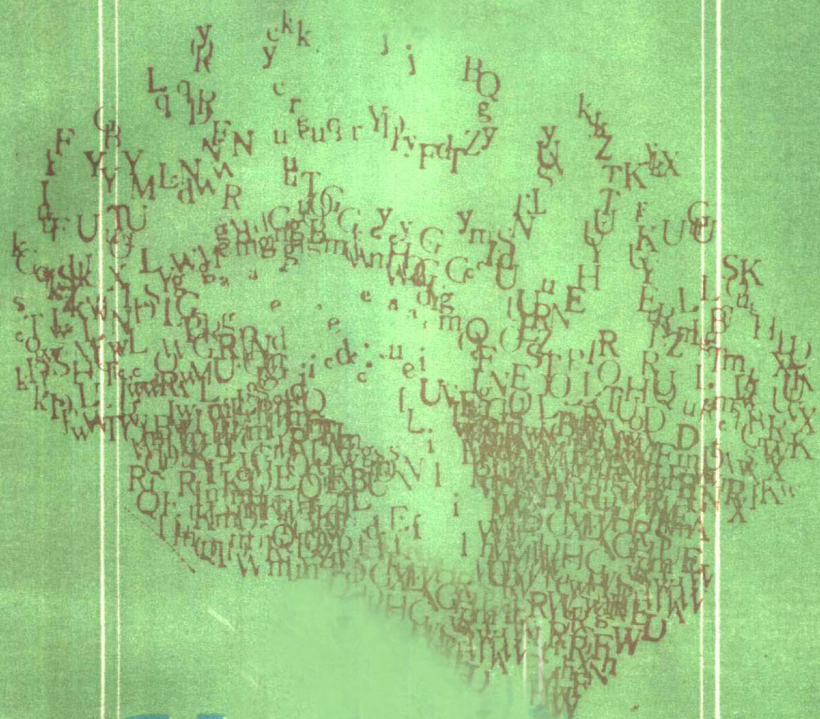


[美] 奈尔·格雷厄姆



人工智能 使机器“思维”

机械工业出版社

〔美〕奈尔·格雷厄姆

戎志盛 高育德 译
蔡瑞昌 王绵兰 校



人工智能 使机器“思维”

机械工业出版社

本书深入浅出地介绍了人工智能的一些基础知识和基本原理。

全书共分十四章。第一章概述了人工智能当前研究的一些主要领域。第二至第五章较详细地介绍了问题求解的各种方法及方案制订技术。第六、七章介绍了棋类游戏程序。第八、九章概要地介绍了模式识别及机器人控制。第十、十一章阐述了计算逻辑的基本知识，如命题与谓词、分解原理。第十二、十三章介绍了知识的表达方法及自然语言处理。最后一章着重介绍了一种应用广泛的人工智能程序设计语言——LISP语言。

本书可作为科技工作者及计算机爱好者了解人工智能领域的一本入门书，也可供大专院校自动控制、计算机工程、信息科学、生物医学工程等专业的学生参考。

Artificial Intelligence
Making machines "think"

Neill Graham

TAB BOOKS, 1979

人 工 智 能
使机器“思维”

〔美〕奈尔·格雷厄姆 著

戎志盛 高育德 译

蔡瑞昌 王绵兰 校

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

本 787×1092 1/32 印张 9 3/4 · 字数 210 千字

1985年4月北京第一版·1985年4月北京第一次印刷

印数 00,001—12,900 · 定价 1.60 元

统一书号：15033·5726

译者序

半个多世纪以前，如果有人问，为什么人能逻辑推理、识别物体、学习、解题等等而机器却做不到，那么回答是“因为人有智能而机器则没有”。

然而，今天我们就不能再如此回答了。近二、三十年来，随着电子计算技术及其他学科的发展，一门新兴的综合性边缘科学——人工智能（或称智能模拟）逐步地形成和发展了起来。人工智能是研究如何运用电子计算机和各种自动装置去完成需要人类智能才能完成的各种任务的。这门学科与计算机科学、自动化技术、心理学、语言学、信息论、控制论、仿生学以及哲学等都有密切的关系，体现了自然科学与社会科学相结合的发展趋势。加强人工智能学科的研究和应用，对促进我国的社会主义现代化建设具有很大的理论和现实意义。

近几年来，我国在人工智能的理论研究和实际应用方面也正在逐步地开展起来，并在某些方面（如定理证明、计算机疾病诊断、各种具有一定智能的工业自动化系统等）取得了一些可喜的成果。中央领导同志在给第三届全国人工智能学术会议的贺信中指出，人工智能的研究在理论上和实践上都是很有意义、很有前途的工作，并祝愿这一工作能在中国顺利开展。为使这一新兴学科能为更多的科技工作者及计算机爱好者们所了解，在全国人工智能学会副理事长万嘉若教授的推荐和出版社的支持下，我们翻译了《人工智能使机器

“思维”》一书，把它作为人工智能的一本入门书籍介绍给读者，希望它能起到抛砖引玉的作用。

本书的作者综合了人工智能的基本原理和最新成果，深入浅出地、较全面地介绍了人工智能当前研究的一些主要领域，诸如问题策略、状态图搜索、方案制订技术、计算机下棋、模式识别与感觉、机器人控制、计算逻辑、知识的表达、自然语言处理和 LISP 语言等。这样，读者在读完本书后，对人工智能这门学科不但可以有一个总的概念，而且对它的基本原理、研究方法和目前的应用领域也会有一定的了解，为进一步学习打下良好的基础。

本书的翻译工作曾得到华东师范大学万嘉若教授和上海第一医学院医学工程教研室蒋有铭副教授的热情指导和帮助。在此，谨向他们表示感谢。

由于人工智能是一门正处在发展中的新兴学科，加之译者水平有限，译文错误及不妥之处在所难免，谨望广大读者批评指正。

译者 1983. 3.

前 言

若干年前，计算机的程序设计还蒙着一层妖术般的神秘色彩，仅为少数谋求生计的职业者所掌握。随着计算机在生活中的逐渐渗透，各行各业的工作者们越来越感到自己已离不开这些奇妙的机器。然而，要驾驭这些奇妙的机器，总还得依赖于程序设计员。

由于集成电路制造商们在非常微小的器件中开发了日益复杂的功能，所以在很短时期里，计算机就不再是一大堆箱柜形的设备，而成了可放在桌上使用的小型机器。可是，程序设计员的情况有什么变化呢？随着这种功能强大、价格低廉的新一代计算机遍布于世界的各种工作场所，许多需用计算机的人员就必须掌握程序设计的技巧。

在计算机突然大量涌现的最新阶段，爱好者们甚至自己在动手设计、制造自用的计算机，并自编程序。过去曾为专业人员所独占的这个领域，现今已拥有一大批半专业的和业余的程序设计员。这些新加入者很快就意识到常规程序设计的局限性。目前计算机的应用，日益要求使用复杂的程序设计技术。这些技术来自一些大学和高级技术公司，它们正在从事人工智能的研究，也就是研究如何使用计算机去完成需要人的智能才能完成的^些各种任务。

专业人员用计算机把俄语翻译成英语，是应用人工智能程序设计的最早例子之一。1957年10月，俄国人把第一颗人造卫星射入地球轨道后，才使许多人明白，俄国科学家的英

语知识使我们大部分不懂俄语的专家处于很不利的地位。他们能阅读我们的技术文献，而我们却看不懂他们的资料。不久，计算机就陆续地把俄语中的大约80%翻译了出来。但其余的20%却非常复杂，以致一切尝试实际上都不得不停顿下来。然而今天，语言学家和程序设计人员正在通力合作，努力完善自然语言的计算机翻译技术，甚至业余爱好者们也在在这方面作出相当大的努力。

在另一个人工智能领域里，计算机下棋已经非常普及。人们每年都要举行世界计算机象棋锦标赛，让计算机与计算机对抗，比试“智能”高低。目前，高明的人类棋手能够胜过计算机对手。象棋大师们认为，计算机往往缺乏足够长远的方案考虑。不过，将来更复杂的人工智能技术，加上具有更大存贮容量、速度更快的计算机，很有可能克服这个缺点。那时，比赛就完全是使计算机与计算机相对抗了。

虽然计算机在棋类活动中能有效地与人类匹敌，但在模式识别方面还远远及不上人类。模式识别本身也是人工智能实践的一个方面。要使机器人能辨识物体（也许要给它以视觉），往往需要相当复杂的程序。目前，这方面的程序设计技术尚处于萌芽时期。

要想使计算机及其程序发挥最高效能，还得作出创造性的努力。从本质上来说，人工智能的魅力似乎在于对人类本身智能的模拟。也许，科学幻想小说家们所描绘的美妙情景已唤起了我们对未来世界的向往。到那时，繁杂的日常工作将由机器人去完成，超级电脑将对目前还想象不到的问题，不断作出解答。通过对其它星球的探索，我们还可以改善地球上人类的命运。

作者通过本书向读者介绍了人工智能这个方兴未艾的领

域。无论你的兴趣是在于智能游戏、自然语言处理、机器人科学、数理科学还是工程问题，人工智能都将成为你进行程序设计的有力工具。

奈尔·格雷厄姆

目 录

前 言

第一章 什么是人工智能?	1
1.1 人工智能的应用	1
1.2 我们为什么需要性能更好的计算机?	7
1.3 算法	8
1.4 人工智能程序设计原理	11
第二章 问题策略	18
2.1 状态、操作和目标	18
2.2 状态图	29
2.3 计算机表示问题的方法	37
第三章 状态图的搜索	43
3.1 搜索树	43
3.2 宽度优先搜索	50
3.3 深度优先搜索	52
3.4 有序搜索	56
3.5 其他启发式技术	68
第四章 子问题、子目标与方案	70
4.1 子目标与方案	71
4.2 方案制订	73
4.3 搜索与/或树	80
第五章 分层方案和过程网	87
5.1 分层方案的制订方法	88
5.2 过程网	90
5.3 监督方案的执行	99

第六章	棋类游戏程序: 树搜索	105
6.1	博弈树	105
6.2	博弈策略	109
6.3	最小最大值法	111
6.4	终端棋局形势和静态估值函数	113
6.5	深度优先最小最大估值法	118
6.6	α - β 过程	124
第七章	棋类游戏程序: 启发法	127
7.1	棋局形势的表示法	128
7.2	树形大小的控制	134
7.3	估值函数	139
7.4	方案制订	143
第八章	模式识别与感觉	145
8.1	定义	146
8.2	特征空间、区域和原型	153
8.3	图象分析	158
第九章	机器人	167
9.1	执行器	173
9.2	传感器	175
9.3	机器人的控制	178
第十章	计算逻辑: 命题与谓词	180
10.1	命题逻辑	182
10.2	谓词逻辑	191
第十一章	计算逻辑: 分解	200
11.1	分解原理	200
11.2	怎样变换成子句形式	206
11.3	一致化	209
11.4	对分解的评价	216
第十二章	知识的表达	216

12.1	应用谓词逻辑的表达法	216
12.2	知识的表达和方案制订	226
12.3	特征表	233
12.4	语义网	237
12.5	骨架	239
12.6	生成系统	242
第十三章	自然语言处理	244
13.1	句法、语义和转移网络	245
13.2	格语法	253
13.3	概念相关理论	255
第十四章	LISP语言	257
14.1	原子和表	257
14.2	用表表示数据结构	259
14.3	LISP程序设计要素	264
参考文献		292
英汉术语索引		294

第一章 什么是人工智能？

人工智能是计算机科学的一个分支，它专门研究能使计算机执行各种任务的程序设计方法。这些任务，如果由人类去执行的话，则需要智能。

我们之所以提出“如果由人类去执行”这个限制条件，是因为当计算机按所编程序去执行某项任务时，人们总试图否认，完成该项任务是真正需要智能的，至少认为计算机执行任务的过程是不需要智能的。然而，这种无休止的争论的目的似乎在于弄清，什么样的技能可以称得上是计算机的智能行为，或者什么样的技能算不上是计算机的智能行为。为了避免许多无谓的争执，我们只要声明，我们是试图给计算机编制程序，去执行需要用人的智能才能完成的任务。至于是否把执行这类任务的计算机称之为具有“智能”，还是留待你自己去决定。

如同计算机科学中的许多其他内容一样，人工智能 Artificial Intelligence 常用它的首字母 AI 表示。

1.1 人工智能的应用

人工智能工作者感兴趣的一些具体领域有：

- 问题求解
- 自然语言处理
- 感觉及模式识别
- 信息存贮与检索

- . 机器人的控制
- . 棋类游戏
- . 自动程序设计
- . 计算逻辑

1.1.1 问题求解

我们给计算机的大多数任务都可以作为问题来看待。在每一种情况下，我们都希望计算机能执行必要的操作以达到一个指定的目标。例如，我们有一份关于公司中每个职员每小时应付工资数和上星期每人工作小时数的文件。我们的目标是打印出全体职员的工资单。计算机借助薪金支付程序，就可以实现这个目标，从而解决我们的问题。

非人工智能程序是为解决种类相当有限的问题而设计的。工资支付程序也许能处理稍有变化的工资支付问题，诸如职员有不同级别及数额的扣除等。但我们决不能期望一个工资支付程序去解决下棋的问题，或给宇宙飞船画出飞往月球的路线。

与这类专用程序不同，人工智能程序被设计得尽可能通用。如果给它提出一个问题，也给它解决该问题的有关知识，这样一个通用程序就能象人一样拟出解决问题的方法。

传统的计算机科学为解决特定的问题而设计程序时，总是按程序设计者所规定的某种逐步循进的方法进行的。而人工智能所要设计的程序则是首先由该程序拟定出解决给定问题的逐步循进的方法，然后再按步执行。

1.1.2 自然语言处理

目前，计算机与人的通讯并不理想，特别是人向计算机传送信息或命令时尤其如此（计算机利用所存贮的短语将信息传递给人的情况略为要好一些）。

给计算机的命令常常须用一些不太明确的代码来编成短语。而这些代码又是按照严格的规则编写的，不允许有丝毫偏差。一些常用的程序设计语言即可很好地说明这一点。曾经向初学者传授过这类语言的人都知道，这类语言的许多规则和限制条件，对非初学者似乎是很随便的，常常不予遵守。而最“可怕的”例子则是大型计算机的工作管理语言，它们甚至常使有经验的程序员都不知所措。

如果计算机要被非专业人员广泛使用，那么计算机必须能够用诸如英语之类的自然语言通讯。而且，它们也应当能以对话和书写的形式进行通讯。

除了使计算机能与使用它们的人方便地通讯外，我们还希望它们能完成与语言有关的各种任务。譬如把一种自然语言翻译成另一种自然语言，或者使它们从论述有关课题的教科书中找出问题的答案。

1.1.3 感觉和模式识别

在许多应用中，计算机需要通过电视摄像机、话筒和其他传感器感知它周围的环境。而且，它还必须能在它感知的环境中识别有意义的特征或模式。

模式识别是执行其他大多数人工智能任务前首先要解决的问题。例如，一个问题求解程序必须要能从问题的背景中抽取有意义的模式，并以此作为解题的线索（读任何一篇歇洛克·福尔摩斯的侦探故事，都可以见到这样一种以模式识别为基础解决问题的事例）。

1.1.4 信息存贮与检索

本世纪，在医学、法律、科学、工程和其他领域内，出现了所谓的信息“爆炸”。即使在其中某一个领域内，也没有人能够把他工作所需要的一切信息都藏在头脑里。他甚至

可能连自己所需要的信息是否存在都不知道。

计算机能贮存大量的信息。可是用现在的系统，通常你必须相当详尽地描述所需的信息。为了告诉计算机如何找出你所需的信息，你必须对所找的信息了解得相当清楚。假如你能把你的课题或你试图解决的问题描述出来（当然用自然语言），并使计算机找出一切有关的信息，那将会带来莫大的方便。

执行其他各种人工智能任务也需要进行信息的存贮与检索。例如，制定一个问题求解程序，需要充分了解问题的背景，也要了解过去在解决类似问题时已证明是行之有效的技术和经验方法。人工智能工作者把这种信息的处理问题归结为知识的表达。

1.1.5 机器人的控制

对于有些工作，譬如工厂中装配机器，计算机只了解它的周围环境，或者甚至能直接感知环境是不够的。计算机还必须能改变环境，例如，捡起一个零件并把它装到另一个零件上去。具有这样一种能力的计算机叫做机器人（当执行操作功能的机械远离计算机时，该操作机械常被称为机器人，远处的计算机就称为机器人的操纵者。采用分时方法，一台计算机可控制许多机器人）。

机器人的设计还有一个机械方面的问题，至今还没有人设计出只能像人的手臂那样灵活和顺从的机械手臂。在计算机科学家着手工作之前，机械和电气工程师们必须先解决这个问题。

但是，即便机器人有了性能良好的肢体，也还需要进一步开发计算机的程序，以便把各种详细的指令送往那些肢体。这方面还有许多工作要做。

1.1.6 棋类游戏

自从十八世纪后期，一台欺骗性的下棋机展出以后，人们已被制造一台下象棋的机器的想法（如今就是给一台计算机编程序）深深地迷住了。现在计算机已能按所编程序进行的其他游戏，有西洋跳棋、魔方、多米诺骨牌、十五子棋和围棋等。

棋类游戏程序是一种很好的人工智能实践，其理由如下：

- 游戏盘和游戏规则易于在计算机内表示。
- 虽然在计算机内表示游戏规则是容易的，但是让计算机进行复杂的游戏却很难。例如，下国际象棋和围棋，现在还没有简易的方法能让计算机算出棋子的正确走法。计算机做游戏时所使用的方法必须同人做游戏时几乎完全一样。
- 许多研究游戏的专家，只是由于对计算机做游戏显得过分兴奋，而没有对计算机的性能提出批评。如果他们提出批评，那将会指明程序需要作哪些方面的改进。
- 许多游戏经常举行锦标赛。参加者按其在比赛中的成绩被分别授予不同的级别。只要参加锦标赛，计算机也能获得相应的级别。这样，它的水平就可直接与专家的水平相比较。

1.1.7 程序设计自动化

编写和调试复杂的计算机程序是非常费时的。产生一个编译程序或操作系统，往往需要一大批程序设计员工作好几年，而最终还常常要出差错，令使用者十分头痛。他们必须花很大气力才能找出并消除其中的毛病。这就使当前的计算机应用遭到了软件“危机”。

解决软件“危机”的一个出路，就是让计算机根据需要

解决的问题编出它自己的程序。这样一个自动进行程序设计的程序,将是目前编译程序和报告程序产生器的一种扩充。目前的编译程序和报告程序产生器也能编制程序,但不管我们愿意与否,它们都要求我们对所编程序进行极为详尽的描述。

1.1.8 计算逻辑

有时,我们需要证明的一些事实是另一些事实的逻辑结果,例如,检察官需要用已掌握的证据证明被告有违法行为,因而可以起诉。计算逻辑就是使计算机能进行这种推理的一种程序设计艺术。

数学领域内,计算逻辑的应用很有成效。数学家从一小集命题(称做公理)出发,推导出有意义的结果(叫做定理)。数学家们保证,在任何情况下,只要公理成立,定理也总是成立。从此保证的表面意义来看,我们可以不必重复数学家的推导过程,就能在科学和工程中应用这些定理。

譬如说,计算机最近帮助证明了拓扑学中著名的四色定理。不过,在这个例子中,数学家设计了证明的方法,而计算机只是完成了冗长而单调的证明步骤。我们当然希望计算机能自行设计证明的方法,并能具体完成各项证明步骤。

计算逻辑的另一个应用,就是证明计算机程序的正确性。这是程序设计自动化的另一种形式。程序设计人员从事创造性的程序设计和程序编写工作,而计算机则设法证明所编程序的正确性。也就是说,要证明这个程序确能解决问题。如果计算机证明所编程序是正确的,我们就可以放心地使用这个程序;如果计算机无法证明程序正确,则它应能找出无法证明的原因,也许还能准确地指出该程序中的差错。

其他一些人工智能程序,尤其是那些与信息检索和知识表达有关的程序,也需要计算逻辑。某些已经确定的事实被