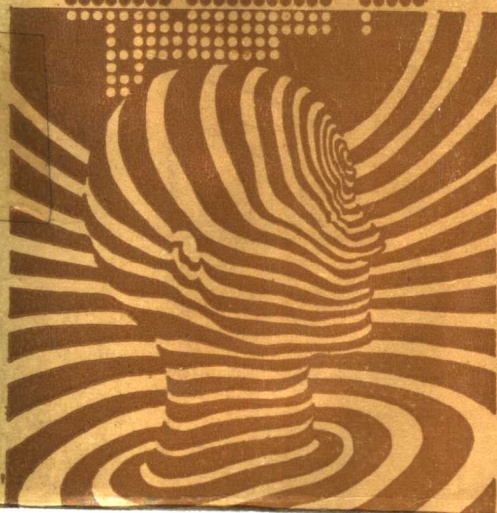


人工智能引论

[美] E. 丽奇 著



李卫华 汤怡群 文中坚 编译

广东科技出版社

人 工 智 能 引 论

〔美〕 E.丽奇 著

李卫华 汤怡群 文中坚 编译

广 东 科 技 出 版 社

人工智能引论

(美) E·丽奇 著

李卫华 汤怡群 文中坚 编译

责任编辑: 欧阳莲

广东科技出版社出版

广东科技出版社经销

广东番禺印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 18.375印张 419,000字

1986年6月第1版 1986年6月第2次印刷

印数6,001—13,500册

ISBN7-5359-0151-4

T P2 定价3.90元

内 容 介 绍

人工智能可使电脑具有能听、能说、能看、能写、会计算、会规划、会设计、会思考、会推理、会学习等功能。本书阐述了什么是人工智能，怎样学习人工智能技术，如何深入研究人工智能等内容。书中第一至第八章是人工智能学科的入门篇，第九至第十四章是人工智能学科的深造篇。

本书主要根据<ARTIFICIAL INTELLIGENCE>一书编译。该书于1986年出版后，深受读者的欢迎和专家的好评。编译时，补充了反映最新研究成果的内容，详述了可以在APPLE—II型机上运行的LISP语言和PROLOG语言、以及能在IBM-PC机及其兼容机上运行的中西文兼用的PROLOG语言。

本书适合用作高等学校计算机专业和人工智能课程的教学用书，也可供科技工作者学习参考。

原 版 序

本书旨在向程序员与计算机科学工作者介绍人工智能中的问题及技术，既可用作人工智能课程的教科书，又可作为想了解什么是人工智能的计算机专业工作者的自学指南。

我在给研究生讲授人工智能课程时，就是采用本书作为教材的，并能在一个学期内将全书内容讲授完。此外，我还要求研究生们从某一专题中选读十至十五篇文章，以使们熟悉人工智能研究的方法。

本书亦可作为本科大学生学习人工智能课程的教科书，虽然一个学期无法讲完全书内容，但完全可以讲完介绍有关问题求解和知识表达等基本技术的第一、第二、第三、第五、第八和第九章。若还有时间，可从其余的章节中挑选一些课题来讲解。

学生在开始本书的学习之前，应具有计算机科学与数学方面的基础。在计算机科学方面，学生应具有程序设计的经验，对大学数据结构课程方面的内容不感生疏，并熟悉用递归作为一种程序控制结构，能对算法的时间复杂性作简单的分析；至于数学方面，学生应学习过大学的逻辑课程，包括带量词的谓词逻辑以及判定过程的基本概念。

全书包含有许多人工智能研究专题的参考文献，其重要性有两方面：第一，它们能使们不受本书篇幅的限制去深入研究某一课题，这是综述性教科书中含参考文献的主要目的；第二，所列参考文献特别适于本书内容。人工智能是一门相当新颖的学科，对其中许多领域应如何开发，尚未取得完全一致的

015216

看法。查阅原始文献能使学生不拘泥于某一种既定的方法，而可不受束缚地去了解尽可能多的方法。当然，最后的成功尚需通过理论与实践的进一步检验。

我们知道，人工智能的最终目标就是构造一些用来求解难题的程序。所以，没有编写程序的经验就无法完成人工智能中的任何研究。目前，多数人工智能程序都用LISP语言或用基于LISP的某一高级语言编写。由于没有LISP语言的标准方言，若在教科书里使用实际的LISP代码将会引起不少麻烦，学生们会抱怨书中的举例无法在他们所用的机器上运行。为此，书中介绍的算法都未给出相应的LISP代码，但其描述相当详细，学生们完全可以将其开发成程序。作为本书的必要补充，应有一本好的关于LISP语言在人工智能中的应用的书籍，以及学生们在使用中的那种LISP方言的手册。

本书在出版过程中，承蒙许多友人帮助，使之益臻完善。原稿曾根据Woody Bledsoe、Jaime Carbonell、Elaine Kant、Janet Kolodner、Doug Lenat、Allen Newell、Robert Rich、David Scott、Vincent Sigillito、Robert Simmons、Aaron Temin诸位朋友的建议，以及我试用原稿授课时，班上许多学生根据听课时对问题的理解而提的建议，作过较大的修改。我特别要感谢Janet和我父亲，他们每人至少修改此书三遍。最后还要感谢Brian Reid、Ed Frank、Brian、Lee Erman、Doug Lenat、Don Speray和Alan Cline的帮助。

E. 丽奇

目 录

第一章 什么是人工智能？	(1)
§ 1.1 定义	(1)
§ 1.2 基本假设	(4)
§ 1.3 什么是人工智能技术？	(6)
§ 1.3.1 一字棋	(8)
§ 1.3.2 模式识别	(14)
§ 1.3.3 结论	(19)
§ 1.4 模仿程度	(20)
§ 1.5 成功标准	(23)
§ 1.6 参考文献综述	(25)
§ 1.7 正确看待人工智能	(27)
第二章 问题与问题空间	(29)
§ 2.1 把问题定义为状态空间搜索	(29)
§ 2.1.1 产生式系统	(36)
§ 2.1.2 控制策略	(37)
§ 2.1.3 启发式搜索	(40)
§ 2.2 问题特征	(43)
§ 2.2.1 问题可分解吗？	(44)
§ 2.2.2 解题步骤可撤回吗？	(47)
§ 2.2.3 全域可预测吗？	(49)
§ 2.2.4 好解是绝对的还是相对的？	(50)
§ 2.2.5 知识库相容吗？	(53)
§ 2.2.6 知识有何作用？	(54)

§ 2.2.7 求解问题需要人机交互吗?	(55)
§ 2.3 产生式系统 特 征	(56)
§ 2.4 附加 问 题	(59)
§ 2.5 小 结	(61)
练习	(61)
第三章 问题求解的基本 方 法	(63)
§ 3.1 正向推理对逆向 推 理	(64)
§ 3.2 问题树对 问 题 图	(69)
§ 3.3 知识表达与框架 问 题	(71)
§ 3.4 匹 配	(74)
§ 3.4.1 索引匹配	(75)
§ 3.4.2 变量匹配	(76)
§ 3.4.3 近似匹配	(78)
§ 3.4.4 过滤匹配	(80)
§ 3.5 启发式 函 数	(82)
§ 3.6 弱 法	(84)
§ 3.6.1 生成测试法	(85)
§ 3.6.2 爬山法	(87)
§ 3.6.3 广度优先搜索法	(90)
§ 3.6.4 或图最佳优先搜索法	(91)
§ 3.6.5 日程表最佳优先搜索法	(99)
§ 3.6.6 与或图最佳优先搜索法	(102)
§ 3.6.7 约束满足法	(111)
§ 3.6.8 手段目的分析法	(117)
§ 3.7 搜索算法 分 析	(121)
§ 3.8 小 结	(126)
练习	(127)
第四章 博 弈	(131)

§ 4.1	概 述	(131)
§ 4.2	极小极大搜索过程	(135)
§ 4.3	α - β 剪枝算法	(141)
§ 4.4	其它改进	(148)
§ 4.4.1	等候稳定期	(148)
§ 4.4.2	辅助搜索	(149)
§ 4.4.3	利用查表选择走步	(150)
§ 4.5	方法的限制	(150)
§ 4.6	小 结	(152)
§ 4.7	关于几种特殊博弈的参考文献	(152)
	练习	(153)
第五章	用谓词逻辑表达知识	(155)
§ 5.1	引 论	(155)
§ 5.2	用逻辑表达简单事实	(157)
§ 5.3	用可计算函数与谓词扩大表达	(164)
§ 5.4	归 结	(170)
§ 5.4.1	把公式转换成子句型	(170)
§ 5.4.2	归结基础	(174)
§ 5.4.3	命题逻辑中的归结	(176)
§ 5.4.4	合一算法	(178)
§ 5.4.5	谓词逻辑中的归结	(181)
§ 5.4.6	需要尝试多种代换	(189)
§ 5.4.7	问题回答	(190)
§ 5.5	自然演绎	(192)
§ 5.6	小 结	(194)
	练习	(194)
第六章	用计算逻辑表达知识	(198)
§ 6.1	引 论	(198)

§ 6.2	基本函数符	(198)
§ 6.3	外壳原理	(200)
§ 6.4	定义原理	(209)
§ 6.5	归纳法原理	(215)
§ 6.6	小结	(222)
	练习	(224)
第七章	用其它逻辑表达知识	(229)
§ 7.1	引论	(229)
§ 7.2	非单调推理	(232)
§ 7.2.1	非单调推理简介	(233)
§ 7.2.2	非单调推理系统TMS	(238)
§ 7.3	统计和概率推理	(243)
§ 7.3.1	处理随机世界的技术	(244)
§ 7.3.2	处理确定世界的技术	(246)
§ 7.3.3	基于规则的系统MYCIN	(252)
§ 7.3.4	使用概率推理的时机	(259)
§ 7.4	小结	(260)
	练习	(261)
第八章	知识的结构表达	(263)
§ 8.1	引论	(263)
§ 8.1.1	一些常用的知识结构	(267)
§ 8.1.2	知识表达级别的选择	(270)
§ 8.1.3	找出所需要的正确结构	(275)
§ 8.2	陈述表达	(277)
§ 8.2.1	语义网	(279)
§ 8.2.2	概念从属	(287)
§ 8.2.3	框架	(295)
§ 8.2.4	脚本	(300)

§ 8.2.5 表达的句法和语义	(305)
§ 8.3 过程表达	(307)
§ 8.4 小结	(309)
练习	(310)
第九章 高级问题求解系统	(313)
§ 9.1 规划	(313)
§ 9.1.1 例子领域——积木世界	(318)
§ 9.1.2 规划系统的组成	(319)
§ 9.1.3 用目标堆栈的简单规划	(328)
§ 9.1.4 用目标集的非线性规划	(338)
§ 9.1.5 等级规划	(344)
§ 9.1.6 用最小提交策略的非线性规划	(346)
§ 9.1.7 用约束传递的规划	(350)
§ 9.1.8 其它规划技术	(351)
§ 9.2 系统组织	(352)
§ 9.2.1 日程表	(353)
§ 9.2.2 黑板法	(353)
§ 9.2.3 Δ -极小搜索法	(355)
§ 9.2.4 通过对象进行通讯	(357)
§ 9.3 专家系统	(358)
§ 9.3.1 专家系统的结构	(359)
§ 9.3.2 同专家系统的交互	(362)
§ 9.3.3 结论	(366)
§ 9.4 小结	(367)
练习	(367)
第十章 自然语言理解	(370)
§ 10.1 引论	(370)
§ 10.1.1 什么是理解?	(371)

§ 10.1.2	什么使理解难?	(372)
§ 10.2	简单句理解	(378)
§ 10.2.1	关键字匹配	(381)
§ 10.2.2	句法分析	(385)
§ 10.2.3	语义分析	(400)
§ 10.3	复合句理解	(410)
§ 10.3.1	理解中焦点的使用	(411)
§ 10.3.2	理解中目标结构的使用	(413)
§ 10.3.3	理解中纲要和脚本的使用	(416)
§ 10.3.4	对话理解	(417)
§ 10.4	语言生成	(422)
§ 10.5	机器翻译	(424)
§ 10.6	小结	(426)
	练习	(426)
第十一章	感知	(429)
§ 11.1	感知为何难?	(429)
§ 11.2	感知问题的求解技术	(431)
§ 11.3	约束满足——华滋算法	(433)
§ 11.4	小结	(442)
	练习	(442)
第十二章	学习	(444)
§ 12.1	什么是学习?	(444)
§ 12.2	死记硬背学习法	(445)
§ 12.3	参数修正学习法	(446)
§ 12.4	在GPS中的学习	(450)
§ 12.5	概念学习	(452)
§ 12.6	发现作为学习	(459)

§ 12.7	用类推的方法学习.....	(469)
§ 12.8	小结.....	(473)
	练习.....	(474)
第十三章	人工智能系统的实现.....	(476)
§ 13.1	人工智能语言.....	(476)
§ 13.1.1	IPL	(477)
§ 13.1.2	LISP	(477)
§ 13.1.3	SAIL	(500)
§ 13.1.4	PLANNER	(501)
§ 13.1.5	KRL	(502)
§ 13.1.6	PROLOG	(507)
§ 13.1.7	小结	(540)
§ 13.2	人工智能机器.....	(540)
§ 13.2.1	并行机	(541)
§ 13.2.2	LISP 机.....	(541)
§ 13.2.3	非冯诺依曼型机	(546)
	练习.....	(547)
第十四章	结论.....	(548)
§ 14.1	人工智能程序的组成部分.....	(548)
§ 14.2	计算机科学中的人工智能.....	(548)
	练习.....	(550)
参考文献		(550)

第一章 什么是人工智能？

§ 1.1 定 义

何谓人工智能？概括地说，人工智能就是研究怎样让电脑模仿人脑从事推理、规划、设计、思考、学习等思维活动，解决迄今认为需由专家才能处理好的复杂问题。此定义显然是暂时的，因为它受到当前电脑技术水平的制约。不过，正如从本书的讨论中所看到的那样，改变这个定义的速度远不会比人们所想象的那么快。人工智能试验阶段的首批结果之一表明，让电脑以超人的能力执行“困难”任务的进展，并没有象专家们在早期人工智能研究阶段所预料的那么迅速。所以，至少在今后若干年内，此定义仍能概括构成人工智能的基本内容，也避开了试图定义人工或智能的意义这类哲学问题。

人工智能究竟研究哪些具体问题呢？最初研究的是博弈和定理证明。Samuel [Samuel, 1963] 编过一道下跳棋的程序，该程序不仅能同对手下棋，而且能积累下棋过程中所获得的经验，不断提高下棋的技能，因而于1962年荣获美国州级跳棋冠军。逻辑理论程序 [Newell, 1963a] 是证明数学定理的最早尝试。该程序模拟人用数理逻辑证明定理的思想，采取分解、代入、替换等规则，于1963年就证明了 Whitehead 和 Russell 合著的《数学原理》[Whitehead, 1950] 第一章中的全部定理。

多数人认为，博弈与定理证明是电脑模仿人脑从事高级思维活动的重大成果，是人工智能研究的良好开端。但也有人曾一度认为，人类完成博弈与定理证明工作的确要施展才智，但由于电脑能快速开发解答问题的路径并选取其中的最佳路径，从而自然能作好这项工作。在他们看来，此过程毋需什么高深知识，也容易进行程序设计。往后便会看到，情况并非如此，因为任何电脑都不能快得足以克服由这类问题所带来的组合爆炸问题。

问题求解是早期人工智能研究的另一领域。众所周知，人们几乎天天都要求解问题。为研究问题求解，Newell、Shaw-Simon合作编制了通用问题求解程序GPS(General Problem Solver) [Newell, 1963b]。该程序能求解十一种不同类型的的问题。其中包括逻辑表达式的符号处理。

随着人工智能研究的进展以及对大量社会知识的人工智能表达方法与处理技术的研制，使上述问题的处理不断取得进展，新的领域也逐渐得到开发。典型的有感知(视觉和语音)，自然语言理解以及诸如医疗诊断、化学分析、工程设计、艺术创作、军事决策这类特殊领域中的问题求解等。

对周围世界的感知是人类赖以生存的关键。动物的智能虽比人类的智能低得多，但有的动物却具有比当今电脑复杂得多的感知。早期从对简单的静态感知方面的努力引出两个分支，一是静态的模式识别，一是更为灵活的图象理解系统。由于这两者在灵活性方面的差别(参阅 § 1.3)，人们仅认为后者才属于人工智能范畴。感知问题的处理难度很大，原因在于它们涉及的是模拟信号而不是数字信号，信号的噪音大，而且要同时接受大量事物，其中一些事物还可能遮覆别的事物。感知问题将在第十一章讨论。

用语言表达各种思想的能力是区别人与动物的主要标志之一。理解口语的问题也属感知问题，然而，由于对感知问题的处理难度很大，所以它也是一个难题。若把研究范围缩小为书面语言，那么问题就会变得简单得多了。不过，这种通常称为**自然语言理解**的问题的难度依然相当大。为理解关于某一话题的句子，不仅要知道许多有关语言本身的东西（如词汇、语法等等），还要知道大量有关该话题的具体内容，才能识别句子中那些未明确说明的假定。第十章再讨论对自然语言的理解问题。

在日常生活中，几乎人人都要执行象感知与语言理解这类任务。除这些日常任务外，许多人还从事一些其它智能活动，在这种活动中他们是专家。由于能做这类事情（如诊断疾病）的人很少，故常常认为这类活动较日常的任务更难。不过，其中有些问题已证明是可由程序来解决的，这种程序被称之为**专家系统** [Feigenbaum, 1977]。§ 9.3 将讨论这个问题。

下面是一些属于人工智能范畴的问题：

- 博弈
- 机械定理证明
- 自动程序设计
- 通用问题求解
- 感知
 - 视觉
 - 语音
- 自然语言理解
- 自然语言生成
- 专家问题求解
 - 符号数学

- 医疗诊断
- 化学分析
- 矿床勘探
- 艺术创作
- 工程设计
- 军事决策
- 案情分析
- 智能机器人

在着手研究特殊人工智能问题和求解技术之前，应讨论下面四个问题：

- (1) 对智能要作什么基本假设？
- (2) 为求解人工智能问题要用哪些技术？
- (3) 模仿人类智能详细到什么程度？
- (4) 怎样知道一智能程序业已生成？

下面四节分别讨论这四个问题。

§ 1.2 基本假设

Newell与Simon [Newell, 1976] 定义的物理符号系统置于人工智能研究中心。该物理符号系统定义如下：

一物理符号系统由一组称为符号的实体组成，它们都是物理模型，可在另一类称为符号结构的实体中作为组分出现。于是，组成一符号结构的是一组按某种物理方法关联起来的符号例示。在任何时刻，系统都含有一组这样的符号结构。除这些结构外，系统还含有一组作用在符号结构上以生成其它符号结构的过程：建立过程、修改过程、复制过程以及消除过程。