

全国高等院校“十五”计算机规划教材

研究生和高年级计算机科学与技术教材

Artificial Intelligent Course-book

人工智能实用教程

——同等学力申请硕士学位综合考试课程指导

张仰森 黄改娟 编著

本 教 程

符合教学目标

紧扣考试大纲

突出解题方法

大量例题实践

轻松愉快过关

8-43



中国科学出版集团

北京希望电子出版社

73

全国高等院校“十五”计算机规划教材

研究生和高年级计算机科学与技术教材

人工智能实用教程

——同等学力申请硕士学位综合考试课程指导

张仰森 黄改娟 编著

 中国科学出版集团



北京希望电子出版社

Beijing Hope Electronic Press

www.bhp.com.cn

内 容 简 介

本书是“研究生和高年级计算机科学与技术教材”系列之一,该系列教材由计算机科学技术专业高年级和研究生课程教材组成,可供本科和同等学历申请硕士学位以及硕士学位的计算机专业和相关IT专业根据课程的设置情况选用。

本书是作者依据自己的教学实践,学习、吸纳前辈经验,参照同等学历申请硕士学位人员计算机综合考试的大纲要求,归纳、提炼、创新而形成的具有自己特色的教材。

全书共分七章,内容包括人工智能的基本概念、知识表示、归结推理方法、不确定推理方法、状态空间搜索策略、机器学习和自然语言理解等。每章都附有丰富的习题,以供学习者课后练习巩固所学内容。

本书内容由浅入深、循序渐进;语言通俗易懂,文笔流畅。全书特别强调学习者的动手解题能力,注重对各类问题求解方法的归纳总结,并通过大量典型例题的求解,运用和阐明解题方法,以帮助学习者理解这些方法,使之能够应付人工智能课程的各种考试。从这一角度讲,本书是一本非常实用的教程。

本书内容覆盖了人工智能课程的主要内容,适合作为大学计算机专业研究生、高年级本科生人工智能课程教材和同等学历申请硕士学位人员人工智能应试指导教材,也可供相关领域科技人员学习、参考。

系 列 盘 书 : 研究生和高年级计算机科学与技术教材

盘 书 名 : 人工智能实用教程——同等学历申请硕士学位综合考试课程指导

总 策 划 : 北京希望电子出版社

文 本 著 者 : 张仰森 黄改娟 编著

C D 制 作 者 : 希望多媒体开发中心

C D 测 试 者 : 希望多媒体测试部

责 任 编 辑 : 筱戎

出版、发行者 : 北京希望电子出版社

地 址 : 北京中关村大街26号,100080

网址: www.bhp.com.cn E-mail: lwm@hope.com.cn

电话: 010-62562329, 62541992, 62637101, 62637102, 62633308, 62633309

(图书发行和技术支持)

010-62613322-215 (门市) 010-62547735 (编辑部)

经 销 : 各地新华书店、软件连锁店

排 版 : 希望图书输出中心 周 玉

C D 生 产 者 : 北京中新联光盘有限责任公司

文 本 印 刷 者 : 北京广益印刷有限公司

开 本 / 规 格 : 787毫米×1092毫米 16开本 14.375印张 320千字

版 次 / 印 次 : 2002年5月第1版 2002年5月第1次印刷

本 版 号 : ISBN 7-900101-00-4

印 数 : 0 001-4 000

定 价 : 23.00元

说明: 凡我社产品如有残缺,可执相关凭证与本社调换。

前 言

从1999年开始,国家对计算机科学技术专业的同等学历申请硕士学位的人员实行《计算机科学与技术》综合考试,《人工智能原理》是其中的一门课程。同年,我有幸为参加考试的人员讲授并指导他们复习这门课程。由于所选教材在论述上语言过于精练,论述跳跃太大,让有些初学者难以理解,更谈不上自学,这导致许多同学对人工智能产生畏难情绪。针对这种情况,我们决定不能完全按教材来讲,而必须写一套自己的教案。我到书店中将几种主要的人工智能教材都买了回来,认真阅读,有的甚至读了多遍,并将它们的内容及写法进行比较、综合,按照考试大纲的要求,编写自己的教案。由于综合了各种教材的优点,吸收了前人的经验,在讲授过程中又注意了内容的条理性、逻辑性,并通过大量的实例讲解问题的求解方法和步骤,使同学们一下子茅塞顿开,觉得人工智能课程也不是很难,比较容易理解,内容也非常有用,从而增强了大家的学习信心,普遍反映较好,参加全国综合考试的成绩也比较理想。

为了更好地满足广大同等学历申请硕士学位人员的需求,通过对自己授课教案的整理,并对现有一些人工智能教材的学习和研究,吸收它们的优点,克服它们的缺点,通过综合、总结,我们编写了这本《人工智能实用教程》。在编写过程中力求做到以下几点:

条理性 本书在内容安排上力求由浅入深,循序渐进,逻辑严谨,前呼后应;在语言表达方面,力求通俗易懂,文笔流畅,通过大量的实例说明难于理解的概念、方法和解题步骤,使读者易于理解所学内容。

简明性 本书在书写上力求简明,对内容的轻重和主次力求处理得当,注意做到既条理清楚,论述全面,又简单明了,避免累赘和重复。

实用性 本书力求紧扣考试大纲,同时,为了内容上的完整性,还加入了状态空间搜索一章。书中在讲清概念的同时,力求对知识表示、自动推理(包括归结推理和不确定推理)、机器学习、状态空间搜索和自然语言理解等各类问题的求解方法和步骤进行归纳总结,并通过大量的例题对这些解题方法进行讲解,以增强学习者的动手解题能力,使之能够应付《计算机科学与技术》综合考试,甚至其他各种考试。从这一角度讲,本书是一本非常实用的教程,这也是本书取名为“实用教程”的一个原因。

通过以上这些努力,使得本书具有简明性、条理性好、实用性强和可读性高的特点,即使是初学者,也很容易读懂本书,因此,对那些自学者来说本书非常有用。

全书共分七章,第一章简要介绍人工智能的基本概念、研究发展的状况,以及各个学派的观点,并对它的研究与应用领域进行了必要的讨论。第二章介绍知识表示的概念、方法和步骤。在对每一种知识表示法的特点及其所能表示的知识进行论述之后,都给出了知识表示的步骤及方法,并通过大量实例来说明如何按照这些步骤求解具体的知识表示问题,解决了以前大家学完知识表示后,无法下手做题的烦恼,实用性和可操作性更强。第三章在充分论述了命题逻辑和谓词逻辑之后,讲述了Herbrand理论和归结原理,更为重要的是详细讲述了如何利用归结原理证明定理和求解问题的步骤,并通过大量的例题对这些解题方法进行讲解,增强读者的解题能力。第四章介绍不确定推理方法,包括可信度方法、主

观 Bayes 方法和证据理论, 并分别就证据不确定性的表示、知识不确定性的表示和不确定性的传递推理方法进行了讨论, 总结出了计算结论不确定性的合成法和更新法, 并通过大量的实例说明这两种方法的一致性以及使用上的不同性, 指出在什么情况下使用合成法更简单, 在什么情况下必须使用更新法。第五章介绍推理中的各种搜索策略, 包括盲目搜索策略和启发式搜索策略。第六章介绍了机器学习的概念以及机器学习的各种方法, 并分别对传统的机器学习策略和基于神经网络的学习模型进行了讨论。第七章介绍了自然语言理解的各种理论及其研究和发展的状况, 并就基于规则和基于统计的各种自然语言处理方法以及汉语语料库的加工方法进行了讨论。

本书尽管是按照同等学力申请硕士学位的《计算机科学与技术》综合考试大纲编写, 但由于增加了状态空间搜索一章, 其内容基本涵盖了人工智能原理的主要内容, 完全可以作为大学本科人工智能课程的教科书, 也可以作为研究生以及那些应付各种人工智能考试人员的学习参考书。

北京理工大学计算机系的龚元明教授为我们提供了全国计算机综合考试的真题, 在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中, 虽然尽最大努力力求完美, 但由于作者水平所限, 书中的疏漏和错误在所难免, 恳请广大读者批评、指正。

作者

2002 年 2 月于北京理工大学

目 录

第一章 绪论	1
1.1 人工智能的诞生及发展	1
1.2 人工智能的定义	2
1.3 人工智能研究的方法及途径	3
1.3.1 人工智能研究的各种学派及其理论	3
1.3.2 实现人工智能的技术路线	5
1.4 人工智能的研究及应用领域	6
1.4.1 问题求解	6
1.4.2 机器学习	7
1.4.3 专家系统	7
1.4.4 模式识别	7
1.4.5 自动定理证明	8
1.4.6 自动程序设计	8
1.4.7 自然语言理解	8
1.4.8 机器人学	9
1.4.9 人工神经网络	9
1.4.10 智能检索	9
习题一	10
第二章 知识表示方法	11
2.1 概述	11
2.1.1 知识、信息和数据	11
2.1.2 知识的特性	12
2.1.3 知识的分类	13
2.1.4 知识的表示	14
2.2 一阶谓词逻辑表示法	14
2.2.1 知识的谓词逻辑表示法	14
2.2.2 用谓词公式表示知识的步骤	15
2.2.3 谓词公式表示知识的举例	15
2.2.4 一阶谓词逻辑表示法的特点	18
2.3 产生式表示法	19
2.3.1 产生式可表示的知识种类及其基本形式	19
2.3.2 知识的表示方法	20
2.3.3 产生式系统的组成	21
2.3.4 产生式系统的推理方式	22
2.3.5 产生式表示法的特点	23

2.4	语义网络表示法	23
2.4.1	语义网络的概念及其结构	23
2.4.2	语义网络表示知识的方法及步骤	24
2.4.3	语义网络表示知识举例	26
2.4.4	语义网络中常用的语义联系	27
2.4.5	语义网络表示下的推理过程	29
2.4.6	语义网络表示法的特点	30
2.5	框架表示法	31
2.5.1	框架理论	31
2.5.2	框架的定义及组成	31
2.5.3	用框架表示知识的步骤	32
2.5.4	框架举例	34
2.5.5	框架表示下的推理方法	37
2.5.6	框架表示法的特点	38
2.6	面向对象的表示法	39
2.6.1	面向对象的基本概念	39
2.6.2	表示知识的方法	41
2.7	状态空间表示法	41
2.7.1	问题状态空间的构成	42
2.7.2	用状态空间表示问题的步骤	42
2.7.3	利用状态空间求解问题的过程	42
	习题二	44
第三章	归结推理方法	47
3.1	命题逻辑	47
3.1.1	命题	47
3.1.2	命题公式	48
3.2	谓词逻辑	49
3.2.1	谓词与个体	49
3.2.2	谓词公式	49
3.2.3	谓词公式的永真性和可满足性	51
3.2.4	谓词公式的等价性与永真蕴含	52
3.2.5	置换与合一	53
3.3	归结推理方法	56
3.3.1	谓词公式与子句集	57
3.3.2	Herbrand 理论	60
3.3.3	归结原理	64
3.3.4	利用归结原理进行定理证明	68
3.3.5	应用归结原理进行问题求解	71
3.4	归结过程的控制策略	74

3.4.1	引入控制策略	74
3.4.2	归结控制策略及其应用举例	75
习题三		78
第四章	不确定推理方法	81
4.1	不确定推理概述	81
4.1.1	不确定推理的概念	81
4.1.2	不确定推理方法的分类	82
4.1.3	不确定推理中的基本问题	82
4.2	可信度方法	84
4.2.1	可信度的概念	84
4.2.2	知识不确定性的表示	84
4.2.3	证据不确定性的表示	86
4.2.4	不确定性的推理计算	86
4.2.5	可信度方法应用举例	88
4.3	主观 Bayes 方法	93
4.3.1	基本 Bayes 公式	93
4.3.2	主观 Bayes 方法及其推理网络	95
4.3.3	知识不确定性的表示	96
4.3.4	证据不确定性的表示	96
4.3.5	不确定性的推理计算	97
4.3.6	结论不确定性的合成与更新算法	103
4.3.7	主观 Bayes 方法应用举例	103
4.4	证据理论	109
4.4.1	D-S 理论的数学基础	109
4.4.2	特定概率分配函数	113
4.4.3	基于特定概率分配函数的不确定性推理模型	114
4.4.4	证据理论解题举例	116
习题四		120
第五章	状态空间搜索策略	123
5.1	搜索的概念及种类	123
5.1.1	搜索的概念	123
5.1.2	搜索的种类	123
5.2	盲目搜索策略	124
5.2.1	状态空间图的搜索策略	124
5.2.2	宽度优先搜索策略	126
5.2.3	深度优先搜索	129
5.2.4	有界深度优先搜索	131
5.2.5	代价树的宽度优先搜索	133
5.2.6	代价树的深度优先搜索	135

5.3 启发式搜索策略	137
5.3.1 启发信息与估价函数	137
5.3.2 最佳优先搜索	138
5.3.3 A*算法	142
习题五	143
第六章 机器学习	146
6.1 概述	146
6.1.1 什么是机器学习	146
6.1.2 研究机器学习的意义	147
6.1.3 机器学习的发展史	147
6.1.4 机器学习的主要策略及研究现状	148
6.2 机器学习系统的基本模型	149
6.2.1 环境	150
6.2.2 学习环节	150
6.2.3 知识库	150
6.2.4 执行环节	151
6.3 机器学习的传统学习方法	151
6.3.1 机械学习	151
6.3.2 传授式学习	153
6.3.3 类比学习	153
6.3.4 归纳学习	155
6.3.5 基于解释的学习	160
6.4 基于神经网络的学习	163
6.4.1 神经网络的基本概念及组成特性	163
6.4.2 基于反向传播网络模型的学习	166
6.4.3 基于 Hopfield 网络模型的学习	172
习题六	174
第七章 自然语言理解	176
7.1 自然语言及其理解	176
7.1.1 自然语言及其构成	176
7.1.2 自然语言理解	177
7.1.3 自然语言理解研究的进展	178
7.1.4 自然语言理解过程的层次	181
7.2 词法分析	181
7.3 句法分析	182
7.3.1 短语结构语法理论与乔姆斯基语法体系	183
7.3.2 递归转移网络与扩充转移网络	185
7.3.3 词汇功能语法	190
7.3.4 自动句法分析算法	193

7.4 语义分析	197
7.5 大规模真实文本的处理	200
7.5.1 语料库语言学的崛起	200
7.5.2 语料库语言学的特点及研究对象	200
7.5.3 汉语语料库加工的基本方法	201
7.5.4 统计学方法的应用及所面临的问题	204
习题七	205
附录一 同等学力人员申请硕士学位《计算机科学与技术》综合考试大纲	207
一、考试大纲	207
二、复习指南	208
三、思考题	208
四、考试样卷	209
五、参考书目	209
附录二 《计算机科学与技术》综合考试真题	210
1999 年《计算机科学与技术》综合考试真题	210
2000 年《计算机科学与技术》综合考试真题	212
2001 年《计算机科学与技术》综合考试真题	214
参考文献	216

第一章 绪 论

人工智能是计算机科学的一个分支,它是当前科学技术中正在迅速发展,新思想、新观点、新理论、新技术不断涌现的一个学科,也是一门涉及数学、计算机科学、控制论、信息论、心理学、哲学等学科的交叉和边缘学科。

本章,我们将简单地介绍人工智能的诞生及其发展过程和人工智能的基本概念,并对人工智能研究的各个学派及其研究和应用领域进行讨论。

1.1 人工智能的诞生及发展

人工智能于 1956 年夏季在美国 Dartmouth 大学诞生。

1956 年夏季,美国的一些从事数学、心理学、计算机科学、信息论和神经学研究的年轻学者,汇聚在 Dartmouth 大学,举办了一次长达两个月的学术讨论会,认真热烈地讨论了用机器模拟人类智能的问题。在这次会议上,第一次使用了“人工智能”这一术语,以代表有关机器智能这一研究方向。这是人类历史上第一次人工智能研讨会,标志着人工智能学科的诞生,具有十分重要的意义。

自从人工智能学科诞生到现在已有 40 多年的历史,40 多年来人工智能的发展经历了不少的曲折。

20 世纪 50 年代,以游戏、博弈为对象开始了人工智能的研究工作,其间以电子线路模拟神经元及人脑的研究均告失败。

20 世纪 60 年代前期,以研究搜索方法和一般问题的求解为主。1960 年,美国的 John McCarthy 发明了人工智能程序设计语言 Lisp,它是一种函数式语言(functional language),适合于对符号进行处理,其处理的唯一对象就是符号表达式。Lisp 程序就是对符号表达式进行加工和处理。1963 年 Newell 发表了问题求解程序,走向了以计算机程序来模拟人类思维的道路,第一次把问题的领域知识与求解方法分离开来;60 年代后期,在机器定理证明方面取得了重大进展,并在规划问题方面开展了相应的研究。1965 年 Robinson 提出了归结原理,实现了自动定理证明的重大突破。1968 年,Quillian 在研究人类联想记忆时,认为记忆是由概念间的联系实现的,提出了知识表示的语义网络模型。

20 世纪 70 年代,人工智能的研究已在世界许多国家相继展开,研究成果大量涌现。1972 年法国马赛大学的 A.Comerauer 提出并实现了逻辑程序设计语言 PROLOG;斯坦福大学的 E.H.Shortliffe 等人从 1972 年开始研制用于诊断和治疗感染性疾病的专家系统 MYCIN;1970 年国际性的人工智能杂志(Artificial Intelligence)创刊,它对推动人工智能的发展,促进研究者们的交流起到了重要作用。但这时,由于在机器翻译、问题求解、机器学习等领域出现了一些问题,人工智能受到责难。在困难和挫折面前,人工智能研究的学者们没有退缩,他们继续进行深入的研究。经过认真的反思和总结以前的研究经验及教训,1977 年,费根鲍姆(Feigenbaum)提出了知识工程的概念,引发了以知识工程和认知科学为主的研究。以知识为中心开展人工智能研究的观点被大多数人所接受。这时,专家

系统开始广泛应用,专家系统的开发工具也不断出现,人工智能产业日渐兴起。人工智能的研究又迎来了以知识为中心的蓬勃发展新时期。

20 世纪 80 年代,由于知识工程概念的提出和专家系统的初步成功,人工智能以推理技术、知识获取、自然语言理解和机器视觉的研究为主,开始了不确定推理、非单调推理、定性推理方法的研究。知识获取的研究已成为热门。在整个 80 年代,专家系统和知识工程在全世界得到迅速发展。有些人工智能的产品已成为商品。

20 世纪 90 年代以来,专家系统、机器翻译、机器视觉、问题求解等方面的研究已有实际应用,同时,机器学习和人工神经网络的研究深入开展,形成了高潮。当前比较热门的信息过滤、分类、数据挖掘等都属于机器学习的知识获取范畴。另外,不同学派间的争论也非常激烈,这些都进一步促进了人工智能的发展。

1.2 人工智能的定义

人工智能的研究虽然已有 40 多年的历史,但和许多新兴学科一样,人工智能至今尚无统一的、严格的定义,要给人工智能下一个准确的定义是困难的。我们可以顾名思义,所谓人工智能就是用人工的方法在机器(计算机)上实现的智能;或者说是人们使用机器模拟人类的智能。由于人工智能是在机器上实现的,因此又可称之为机器智能。

既然人工智能所研究的是用计算机模拟人类智能,那我们先看看什么是人类智能,它有什么特点和特征。所谓人类智能就是人类所具有的智力和行为能力,而这种智力和行为能力是以知识为基础的。智力行为的目的是获取知识,并运用知识去求解问题。也就是说,智力是获取知识并运用知识去求解问题的能力。人类智能的特点主要体现在感知能力、记忆与思维能力、归纳与演绎能力、学习能力以及行为能力等几个方面。感知能力是指人们通过视觉、听觉、触觉、味觉、嗅觉等感觉器官感知外部世界的能力,是人类获取外部信息的基本途径。人类就是通过感知获取有关信息,再经过大脑加工来获得其大部分知识。记忆与思维能力是人脑最重要的功能,也是人类之所以有智能的根本原因所在。记忆用于存储由感觉器官感知到的外部信息以及由思维所产生的知识;思维用于对记忆的信息进行处理,即利用已有的知识对信息进行分析、计算、比较、判断、推理、联想、决策等。思维是一个动态过程,是获取知识以及运用知识求解问题的根本途径。思维可分为逻辑思维、形象思维以及在潜意识激发下获得灵感而“忽然开窍”的顿悟思维等。其中,逻辑思维与形象思维是两种基本的思维方式。逻辑思维又称为抽象思维,它是一种根据逻辑规则对信息进行处理的对性思维方式,反映了人们以抽象的、间接的、概括的方式认识客观世界的过程。形象思维又称为直感思维,它是一种以客观现象为思维对象、以感性形象认识为思维材料、以意象为主要思维工具、以指导创造物化形象的实践为主要目的的思维活动。归纳与演绎能力是人类进行问题求解的两种推理方式。归纳能力是人们可以通过大量实例,总结出具有一般性规律的知识的的能力。而演绎能力则是人类根据已有知识和所感知到的事实,推理求解问题的能力;学习是人类的本能,每个人都在随时随地的进行着学习,既可能是自觉的、有意识的,也可能是不自觉、无意识的;既可以是有教师指导的,也可以是通过自己实践的。人们的学习是通过与环境的相互作用而进行的,通过学习可以积累知识、

增长才干, 适应环境的变化, 充实、完善自己; 行为能力是人们对感知到的外界信息的一种反应能力。

尽管目前对人工智能还难以给出其完整、严格的定义, 但我们还是可以从不同的侧面对其做一些狭义的描述:

人工智能学科是计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。所谓的智能机器就是能够在各类环境中自主地或交互地执行各种拟人任务的机器。它包括研究如何设计和构造智能机器(智能计算机)或智能系统, 使它能模拟、延伸、扩展人类智能; 如何在这种智能机(计算机)上来实现的人类智能, 使机器具有类似于人的智能; 如何来应用这种智能机器。

从另一个角度来看, 人工智能是研究怎样使计算机来模仿人脑所从事的推理、证明、识别、理解、设计、学习、思考、规划以及问题求解等思维活动, 来解决需要人类专家才能处理的复杂问题。如医疗诊断、石油测井解释、气象预报、交通运输管理等决策性课题。

从实用的观点看, 人工智能是一门知识工程学。它以知识为对象, 主要研究知识的获取、知识的表示方法和知识的使用(运用知识进行推理)。

1.3 人工智能研究的方法及途径

1.3.1 人工智能研究的各种学派及其理论

人工智能是一门新兴的学科, 对它的研究有许多学派。例如, 以麦卡锡(J.McCarthy)和尼尔逊(N.J.Nilsson)为代表的逻辑学派; 以纽厄尔(A.Newell)和西蒙(H.A.Simon)为代表的认知学派; 以费根鲍姆(E.A.Feigenbaum)为代表的知识工程学派(研究知识在人类智能中的作用与地位, 提出了知识工程的概念); 以麦克莱伦德(J.L.Meeklland)和鲁尔哈特(J.D.Rmelhart)为代表的联接学派(研究神经网络); 以贺威特(C.Hewitt)为代表的分布式学派(研究多智能系统中的知识与行为)以及以布鲁克(R.A.Brook)为代表的进化论学派等。不同的学派其研究内容与研究途径也都有所不同。

关于人工智能的研究途径目前主要有两种观点。一种观点主张通过运用计算机科学的方法进行研究, 通过研究逻辑演绎在计算机上的实现方法, 实现人类智能在计算机上的模拟。另一种观点主张用仿生学的方法进行研究, 通过研究人脑的工作模型, 搞清楚人类智能的本质。前一种观点称为符号主义, 后一种观点称为联结主义。

(1) 符号主义(Symbolicism), 又称为逻辑主义(Logicism)或计算机学派(Computerism)。认为人类智能的基本单元是符号, 认知过程就是符号表示下的符号计算, 从而思维就是符号计算。其原理主要为物理符号系统假设和有限合理性原理。

(2) 联结主义(Connectionism), 又称为仿生学派(Bionicsism)。认为人类智能的基本单元是神经元, 认知过程是由神经元构成的网络的信息传递, 这种传递是并行分布进行的。其原理主要为神经网络及神经网络间的连接机制与学习算法。

1. 符号主义

符号主义认为, 人对客观世界认识的认知基元是符号, 而且认知过程即是符号操作的

过程,人本身就是一个物理符号系统。人通过自己的眼睛观察客观世界,将所观察的事物以符号的形式表示出来,并输入“人”这个符号系统进行处理,这种处理过程即是符号操作过程或称推理过程,通过这种操作过程达到认知客观世界的目的。而要将客观世界以符号形式表示出来,就要使用数学逻辑,所以符号主义认为人工智能源于数学逻辑。数学逻辑从 19 世纪末起就获得了迅速发展,到 20 世纪 30 年代开始用于描述智能行为。计算机出现后,又在计算机上实现了逻辑演绎系统,这是由于计算机也是一个物理符号系统,它可以对以逻辑符号表示的知识进行逻辑演绎。既然计算机和人都是物理符号系统,而人工智能的研究目标又是实现机器智能,所以,就可以用计算机自身所具有的符号处理推算能力来模拟人的智能行为,即用计算机的符号操作来模拟人的认知过程。如果从这一角度看,可以说,人的思维是可操作的。同时符号主义还认为,知识是人们把实践中获得的信息关联在一起所形成的信息结构,是构成智能的基础。人工智能的核心问题是知识表示、知识推理和知识运用。知识可以用符号来表示,也可以用符号进行推理,因而有可能建立起基于知识的人类智能和机器智能的统一理论体系。

正是基于以上认识,符号主义学派的研究方法是以符号处理为核心,通过符号处理来模拟人类求解问题的心理过程。这种方法是由纽厄尔与西蒙等人于 20 世纪 50 年代中期在研究通用问题求解系统 GPS(General Problem Solver)时首先提出来的,目前人工智能的大部分研究成果都是基于这种方法实现的。

该学派的研究内容就是基于逻辑的知识表示和推理机制。基于逻辑的知识表示方法的研究主要是研究如何用谓词逻辑表示知识,而这种知识是一种确定性的知识。推理机制的研究方面目前主要方法是 Robinson 的归结推理方法。

这个学派的代表人有纽厄尔(A.Newell)、西蒙(H.A.Simon)、麦卡锡(J.McCarthy)和尼尔逊(N.J.Nilsson)、罗宾逊(Robinson)、肖特里费(E.H.Shortliffe)等。正是这些符号主义者,早在 1956 年首先采用“人工智能”这个术语。后来又发展了启发式算法→专家系统→知识工程理论与技术,并在 80 年代取得很大进展。符号主义曾长期一枝独秀,为人工智能的发展做出重要贡献,尤其是肖特里费于 1972 年成功开发并应用了专家系统 MYCIN,为人工智能走向工程应用和实现理论联系实际具有特别重要意义。在人工智能其他学派出现之后,符号主义者仍然是人工智能的主流派。

2. 联结主义

符号主义学派是基于数学逻辑对知识进行表示和推理,进而解决现实世界中的许多问题。但是人们并非仅仅依靠逻辑推理来求解问题,有时非逻辑推理在求解问题的过程中起着更重要的作用,甚至是决定性的作用。人的感知过程主要是形象思维,这是逻辑推理做不到的,因而无法用符号方法进行模拟。另外,用符号表示概念时,其有效性在很大程度上取决于符号表示的正确性,当把有关信息转换成推理机构能进行处理的符号时,将会丢失一些重要信息,它对带有噪声的信息以及不完整的信息也难以进行处理。这就表明单凭符号方法来解决智能中的所有问题是不可能的。

联结主义学派又称仿生学学派。它认为人工智能可以通过仿生人脑的结构来实现。大脑是人类一切智能活动的基础,而人的思维基元是神经元,而不是符号处理过程。它对物

理符号系统假设持反对意见,认为人脑不同于电脑,要进行人工智能的研究,就要研究人的大脑工作模式,因而应该研究大脑神经元及其连接机制,搞清楚大脑的结构以及它进行信息处理的过程与机理,揭示人类智能的奥秘,从而真正实现人类智能在机器上的模拟。它的代表性成果是 1943 年由生理专家麦卡洛克(W.McCulloch)和数理逻辑学家皮茨(W.Pitts)创立的脑模型,即 MP 模型。MP 模型开创了用电子装置模仿人脑结构和功能的新途径。它从神经元开始进而研究神经网络模型和脑模型,开辟了人工智能的又一发展道路。20 世纪 60—70 年代,以感知器(perceptron)为代表的脑模型的研究曾出现过热潮,由于当时的理论模型、生物原型和技术条件的限制,脑模型研究在 70 年代后期至 80 年代初期落入低潮,直到 Hopfield 教授在 1982 年和 1984 年发表两篇重要论文,提出用硬件模拟神经网络时,联结主义又重新抬头。1986 年鲁梅尔哈特(J.D.Rumelhart)等人提出多层网络中的反向传播(BP)算法,此后,联结主义势头大振,从模型到算法,从理论分析到工程实现,为神经网络计算机走向市场打下基础。现在,对人工神经网络(ANN)的研究仍然热火朝天。

联结主义学派的研究方法就是以网络连接为主的连接机制方法,它属于非符号处理范畴。它所研究的内容实际就是神经网络。

这个学派的代表人有麦克莱伦德(J.L.McClelland)和鲁梅尔哈特(J.D.Rumelhart)等。尽管人工神经网络的研究热火朝天,但应该看到以网络连接为主的连接机制方法不适合模拟人们的逻辑思维过程,而且就目前神经网络的研究现状来看,由固定的体系结构与组成方案所构成的系统还达不到开发多种多样知识的要求,因此单靠连接机制方法来解决人工智能中的全部问题也是不现实的。

除了以上两种观点外,还有一种观点称为行为主义^[1, 2, 3](actionism)或进化主义(evolutionism),有时还把它称为控制论学派(cyberneticsism)。这种观点认为智能取决于感知和行动(所以被称为行为主义),它不需要知识、不需要表示、不需要推理。其代表人是布鲁克(R.A.Brook),他于 1991 年提出了“没有表达的智能”,1992 年又提出了“没有推理的智能”,这是他根据自己对人造机器动物的研究与实践提出的与众不同的观点。该理论认为,人的本质能力是在动态环境中的行走能力、对外界事物的感知能力、维持生命和繁衍生息的能力,正是这些能力对智能的发展提供了基础,因此智能行为只能在与现实世界的环境交互作用中表现出来,这似乎符合达尔文的进化论,即人工智能也会像人类智能一样通过逐步进化而实现(所以称为进化主义),而不需要有知识表示和知识推理。该理论的核心是用控制取代知识表示,从而取消概念、模型以及显式表示的知识,否定抽象对于智能及智能模拟的必要性,强调分层结构对于智能进化的可能性与必要性。目前这一观点尚未形成完整的理论体系,有待进一步研究,但由于它与人们的传统看法完全不同,因而引起了人工智能界的注意。

1.3.2 实现人工智能的技术路线

采用什么样的技术路线和策略来开发研制智能系统与智能产品,也存在着不同的看法,下面是目前几种常被采用的技术路线。在实际应用中常将它们结合起来使用。

(1) 专用路线。是指开发研制一些专用的智能计算机(如 Lisp 机、Prolog 机)或专用的软件系统(如 EMYCIN 专家系统开发工具),或者专门用于开发人工智能系统的计算机语言(如 Lisp 语言、Prolog 语言)。

(2) 通用路线。是指现有的一般计算机硬件和软件系统能够有效地支持人工智能系统的开发,并能够解决一般的人工智能问题。通用路线认为,在人工智能应用系统及产品的开发过程中,应该将知识工程视作软件工程的一个分支,充分利用知识工程的思想,将之溶入整个系统或产品开发的全过程中。

(3) 硬件路线。认为智能机器的开发主要有赖于各种智能硬件、智能工具及固化技术,没有这些技术,智能产品的开发是不可能的,因此人工智能的发展,还有赖于硬件技术的发展,诸如:超大规模集成电路、神经网络等的发展。

(4) 软件路线。软件路线认为智能机器的研制主要在于各种智能软件及工具的开发及运用,发展软件技术是人工智能发展的必由之路。因此,启发性程序设计、自动编程系统、知识工程以及其它各种智能算法就成了研究的主要对象。这里要说明的一点是目前各种面向对象的语言编程系统,以及各种应用系统的开发工具都带有辅助人类编程的功能,或者说稍带点智能编程的功能。

1.4 人工智能的研究及应用领域

目前,人工智能的研究及应用领域很多,大多的是结合具体领域进行的,主要研究领域有问题求解、专家系统、机器学习、模式识别、自动定理证明、自然语言理解等。

1.4.1 问题求解

人工智能的第一个大成就是发展了能够求解难题的下棋程序。通过研究下棋程序,人们发展了人工智能中的搜索策略及问题归约技术。搜索尤其是状态空间搜索和问题归约,已经成为问题求解的一种十分重要而又非常有效的手段,也是人工智能研究中的一个重要方面。人工智能中的许多概念如归约、推断、决策、规划等等都与问题求解有关。

问题求解研究涉及问题表示空间的研究、搜索策略的研究和归约策略的研究。目前有代表性的问题求解程序就是下棋程序,计算机下棋程序涉及中国象棋、国际象棋、跳棋等等,水平已达到了国际锦标赛的水平。1991年8月在悉尼举行的第12届国际人工智能联合会议上,IBM公司研制的 Deep Thought 2 计算机系统就与澳大利亚国际象棋冠军约翰森举行了一场人机对抗赛,结果以 1:1 平局告终;1997年5月 IBM 公司研制的 IBM 超级计算机“深蓝”在美国纽约曼哈顿与当时人类国际象棋世界冠军苏联人卡斯帕罗夫对弈六盘,结果“深蓝”获胜。尽管计算机下棋程序具有了很高的水平,但还有一些未解决的问题,比如人类棋手所具有的但尚不能明确表达的能力,如国际象棋大师们洞察棋局的能力。这些问题正是人工智能问题求解下一步所要解决的。

1.4.2 机器学习

具有学习能力是人类智能的主要标志,学习是人类获取知识的基本手段。要使机器像人一样拥有知识,具有智能,就必须使机器具有获得知识的能力。使计算机获得知识的方法一般有两种:一种是人们把有关知识归纳、整理在一起,并用计算机可接受、处理的方式输入到计算机中去;另一种是使计算机自身具有学习能力,它可以直接向书本、向教师学习,亦可以在实践过程中不断总结经验、吸取教训,实现自身的不断完善。后一种方式一般称为机器学习。

机器学习是研究如何使用计算机来模拟人类学习活动的研究领域。更严格地说,就是研究计算机获取新知识和新技能、识别现有知识、不断改善性能、实现自我完善的方法。

机器学习研究的目标有三个:人类学习过程的认知模型;通用学习算法;构造面向任务的专用学习系统的方法。

(1) 人类学习过程的认知模型即是对人类学习机理的研究。这种研究不仅对人类的教育,而且对开发机器学习系统都有重要的意义。

(2) 通用学习算法即是对人类学习过程的研究,探索各种可能的学习方法,建立起独立于具体应用领域的通用学习算法。

(3) 构造面向任务的专用学习系统,这是工程性的目标,亦即要解决专门的实际问题,并开发完成这些专门任务的学习系统。

1.4.3 专家系统

专家系统是目前人工智能中最活跃、最有成效的一个研究领域。专家系统是一种基于知识的计算机知识系统,它从人类领域专家那里获得知识,并用来解决只有领域专家才能解决的困难问题。因此可以这样来定义专家系统:专家系统是一种具有特定领域内大量知识与经验的程序系统,它应用人工智能技术,根据某个领域一个或多个人类专家提供的知识和经验进行推理和判断,模拟人类专家求解问题的思维过程,以解决该领域内的各种问题。

1.4.4 模式识别

机器感知是机器智能的一个重要方面,是机器获取外部信息的基本途径。模式识别就是研究如何使机器具有感知能力的一个研究领域,其中主要研究对视觉模式及听觉模式的识别。

“模式”一词的本意是指一些供模仿的标准式样或标本。所以,模式识别就是指识别出给定物体所模仿的标本。人们在生产和生活中,都离不开模式识别。例如,在一堆工具中寻找自己所需的那个型号的扳手。森林发生虫灾,飞行员要找到受虫灾的森林,再喷洒农药;这些都是模式识别。但人工智能所研究的模式识别是指用计算机代替人类或帮助人类感知模式,是对人类感知外界功能的模拟。所研究的计算机模式识别系统就是使一个计算机系统具有模拟人类通过感官接触外界信息、识别和理解周围环境的感知能力。