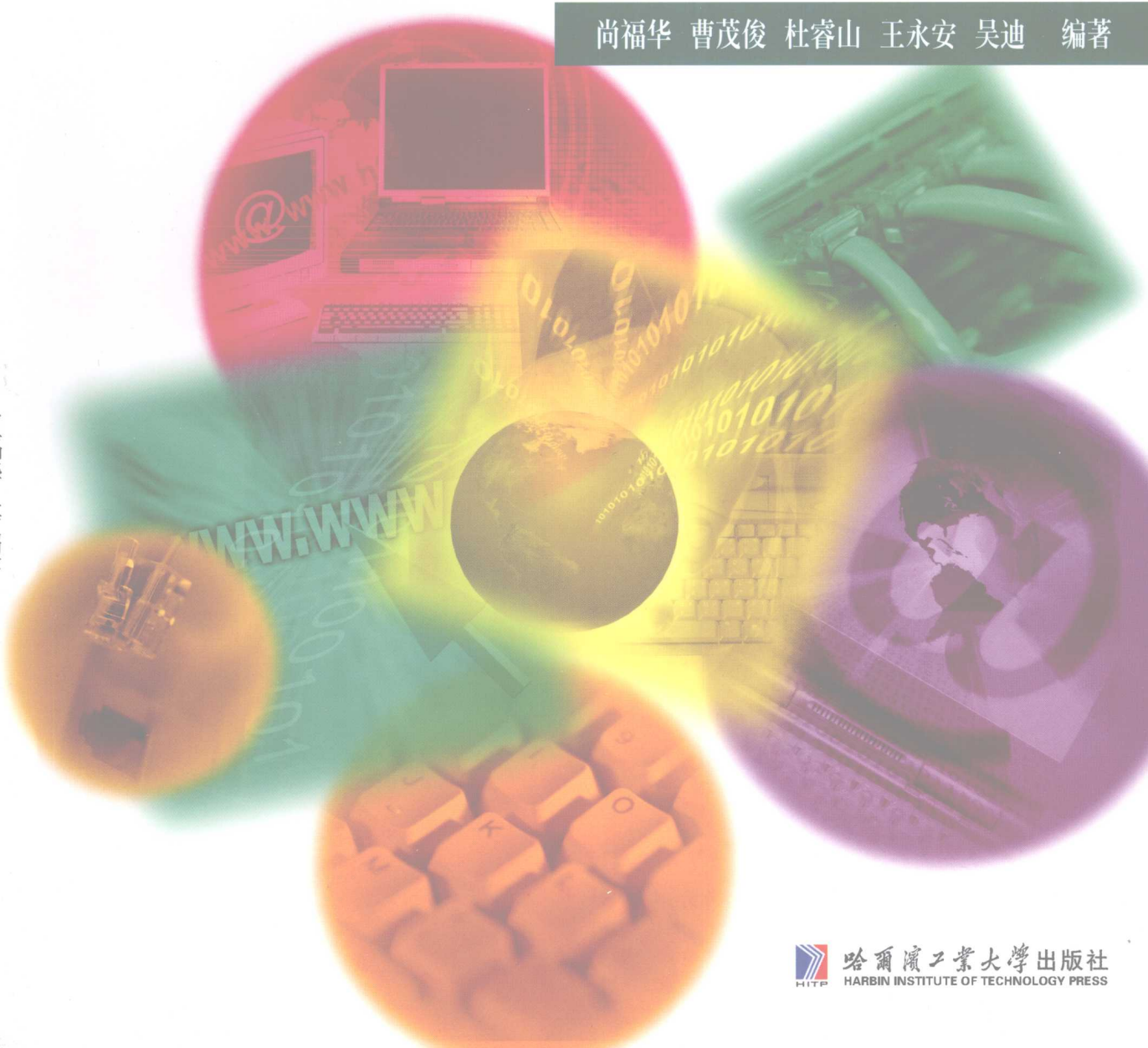


高等学校“十一五”规划教材·计算机系列

人工智能

尚福华 曹茂俊 杜睿山 王永安 吴迪 编著



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等学校“十一五”规教教材·计算机系列

人工智能

尚福华 曹茂俊 杜睿山 编著
王永安 吴迪

哈尔滨工业大学出版社

内 容 简 介

本书从最基本的原理、概念、方法出发,按照人工智能内容的分类和读者的学习规律循序渐进、由浅入深地对人工智能的基本概念、知识表示、搜索策略、推理的逻辑基础、机器学习、Agent 技术基础等内容进行了详细的讲述。

本书通俗易懂,重点突出,力求以兴趣驱动、以例子驱动,每章配有精选习题,以便读者更好地掌握本书内容。

本书既可作为高等学校计算机及相关专业本科生的人工智能课教材,也可供从事计算机专业的工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能/尚福华等编著. —哈尔滨:哈尔滨

工业大学出版社,2008.8

高等学校“十一五”规教教材·计算机系列

ISBN 978-7-5603-2771-6

I. 人… II. 尚… III. 人工智能 - 高等学校 - 教材
IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 128613 号

责任编辑 贾学斌 王桂芝

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451 - 86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 哈尔滨市龙华印刷厂

开 本 787mm × 1092mm 1/16 印张 11 字数 270 千字

版 次 2008 年 9 月第 1 版 2008 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-2771-6

定 价 22.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

高等学校“十一五”规划教材·计算机系列

编 委 会

主 任 王义和

编 委 (按姓氏笔画排序)

王建华 王国娟 孙惠杰 衣志安

许善祥 宋广军 李长荣 周 波

尚福华 胡 文 姜成志 郝维来

秦湘林 戚长林 梁颖红

序

当今社会已进入前所未有的信息时代,以计算机为基础的信息技术对科学的发展、社会的进步,乃至一个国家的现代化建设起着巨大的推进作用。可以说,计算机科学与技术已不以人的意志为转移地对其他学科的发展产生了深刻影响。需要指出的是,学科专业的发展都离不开人才的培养,而高校正是培养既有专业知识、又掌握高层次计算机科学与技术的研究型人才和应用型人才最直接、最重要的阵地。

随着计算机新技术的普及和高等教育质量工程的实施,如何提高教学质量,尤其是培养学生的计算机实际动手操作能力和应用创新能力是一个需要值得深入研究的课题。

虽然提高教学质量是一个系统工程,需要进行学科建设、专业建设、课程建设、师资队伍建设、教材建设和教学方法研究,但其中教材建设是基础,因为教材是教学的重要依据。在计算机科学与技术的教材建设方面,国内许多高校都做了卓有成效的工作,但由于我国高等教育多模式和多层次的特点,计算机科学与技术日新月异的发展,以及社会需求的多变性,教材建设已不再是一蹴而就的事情,而是一个长期的任务。正是基于这样的认识和考虑,哈尔滨工业大学出版社组织哈尔滨工业大学、东北林业大学、大庆石油学院、哈尔滨师范大学、哈尔滨商业大学等多所高校编写了这套“高等学校计算机类系列教材”。此系列教材依据教育部计算机教学指导委员会对相关课程教学的基本要求,在基本体现系统性和完整性的前提下,以必须和够用为度,避免贪大求全、包罗万象,重在突出特色,体现实用性和可操作性。

(1)在体现科学性、系统性的同时,突出实用性,以适应当前 IT 技术的发展,满足 IT 业的需求。

(2)教材内容简明扼要、通俗易懂,融入大量具有启发性的综合性应用实例,加强了实践部分。

本系列教材的编者大都是长期工作在教学第一线的优秀教师。他们具有丰富的教学经验,了解学生的基础和需要,指导过学生的实验和毕业设计,参加过计算机应用项目的开发,所编教材适应性好、实用性强。

这是一套能够反映我国计算机发展水平,并可与世界计算机发展接轨,且适合我国高等学校计算机教学需要的系列教材。因此,我们相信,这套教材会以适用于提高广大学生的计算机应用水平为特色而获得成功!

王 毅 和

2008 年 1 月

前言

人工智能自其诞生之日(1956年)起就引起人们无限美丽的想象和向往,同时也寄托了人们对无限广阔宇宙的遐想和憧憬。人工智能研究作为一门前沿和交叉学科,伴随着世界社会进步和科技发展的步伐与时俱进。迄今为止,人工智能已取得了惊人的成就,在许多领域得到了广泛的应用,被誉为20世纪的重大科技成就之一,并成为20世纪的带头学科。它从多个学科汲取营养,已经发展成一个多学科领域,包括专家系统、定理证明、博弈、自然语言理解、智能检索、机器学习、机器人、模式识别等领域。

编者结合多年来对人工智能的研究和学习以及丰富的教学经验精心编撰本书,以期能够帮助准备学习和正在学习人工智能的读者揭开其神秘面纱,少走弯路,尽快抵达理想的彼岸。

无论所学东西多么重要实用,对读者而言,兴趣始终是激发自主学习潜能的重要因素之一。近来,许多教师都有一种感觉,学生对课程的兴趣已经不如前几年了。这也难怪,随着经济的发展,许多城市里电脑已经普及进入到家庭,网吧也随处可见,在网上看电影、听音乐、玩游戏等种种消遣,无疑比课程内容更具吸引力。

本书按照人工智能内容的分类和读者的学习规律循序渐进、由浅入深地进行讲述,主要目的就是让读者在较短和有限的时间内掌握更多更有用的知识,努力克服市场上许多同类教材“整体过于追求全面,重点不突出”、“样式缺乏创新,吸引力不够”、“内容重复、陈旧,兴趣驱动不足”等问题,力求以兴趣驱动、以例子驱动,精选经典,让读者们在最熟悉和最感兴趣的范例下理解和学习,并配以对照流程图示、流程框表等内容来调动读者们的思维,以便能够活跃课堂气氛并引起共鸣。

本书特色

1. 内容精炼、重点突出

本书基本涵盖了人工智能经典内容,同时又不缺乏实际应用和前沿内容,在有限的篇幅内,突出了人工智能经典内容“搜索”与“推理”,并在每章开头部分交代了“本章重点”、“本章难点”,使得读者较为清楚地知道在本章可以获得什么。

2. 图文并茂、推陈出新

本书尽可能以多种形式来激发读者的学习兴趣,图、表、文并茂,让读者理解起来更加方便容易,在保留众多同类教材的交集——经典章节的同时,紧扣时尚前沿,与时俱进、吐故纳新。

3. 兴趣驱动、范例驱动

本书在可以举例的章节尽量精选读者们最熟悉和最感兴趣的范例来进行讲解,并配以图示、表格、友情提示等内容来激发他们的学习兴趣。目的是尽量将呆在网吧的学生“拽”回到教室里,让本来就坐在教室里的同学更加喜爱人工智能。

4. 章节衔接、理论铺垫

本书在每章正式开始之前都有一个类似引言的内容,会对本章所讲内容或是前后章节可能用到的相关知识进行提及和说明,并在必要的位置进行“复习”提示,以便读者尽快回忆起以前学过的内容,做好章节之间的衔接和必要的理论铺垫。

5. 每章精选习题,可参考性强

本书在每章的最后精选一定的例子,帮助读者更好地复习和巩固所学的内容。

本书包括的内容

本书内容的组织在人工智能课程的讲授上给予了很大的灵活性,教师可根据需要灵活选择授课内容。

本书共分6章。第1章是绪论,叙述了人工智能的定义、发展历程、不同学派和应用领域,并对人工智能的发展前景进行展望,第2章介绍了人工智能中比较常见的几种基本知识的获取和表示方法,第3章分析和讨论了几种搜索方法和原理,第4章分析和讨论了运用知识进行基本推理的原理和确定性推理方法,第5章介绍了机器学习的定义、发展历史、前景和基本思想,第6章介绍了人工智能领域热门的智能 Agent 技术。

每章后都附有习题。许多习题具有挑战性,不仅能检查本书的使用者对内容掌握的程度,而且扩充了这些资料。

本书由大庆石油学院尚福华教授主编和统稿,参编人员有曹茂俊、杜睿山、王永安、吴迪。各章的编著者如下:第1、3章由曹茂俊编写,第2、6章由杜睿山编写,第4章由王永安编写,第5章由吴迪编写。

本书在编写过程中,得到了齐齐哈尔大学计算机系的宋广军教授、哈尔滨工业大学王义和教授及哈尔滨工业大学和大庆石油学院的许多专家学者的热情帮助,大庆石油学院油田智能软件研究室的研究生们也为本书出版提供了鼎力帮助,在此一并表示衷心的感谢。另外,编者还要特别感谢参考文献中所列专著、论文和教材的作者们,正是他们的优秀作品为本书提供了丰富的营养,使得编者能够结合自己的教学和科研经验,形成独具特色的教材。

由于编者学识有限,加之人工智能发展迅速,对有些新领域我们尚不够熟悉,因此,书中不妥及疏漏之处在所难免,恳请各位专家和读者给予指教和帮助。

e-mail 地址: shangfh@163.com、caomaojun@126.com、ruishan_du@163.com

wya151400@126.com、1980ydnzd@sina.com

作 者

2008年5月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 人工智能的定义和研究目标	1
1.1.1 图灵测试	2
1.1.2 人工智能的定义	3
1.1.3 人工智能的研究目标	3
1.2 人工智能的起源和发展	4
1.2.1 人工智能的起源	4
1.2.2 人工智能的发展	4
1.2.3 40位图灵奖获得者中有6名人工智能学者	6
1.2.4 人工智能实现的飞跃	6
1.3 人工智能各学派的认知观	6
1.3.1 符号主义	7
1.3.2 联结主义	7
1.3.3 行为主义	7
1.4 人工智能的研究与应用领域	8
1.4.1 智能感知	8
1.4.2 智能推理	10
1.4.3 智能学习	11
1.4.4 智能行动	13
1.5 人工智能的近期发展分析	19
小 结	19
习 题	20
第2章 知识表示	21
2.1 知识的概念	21
2.1.1 知识、数据和信息	21
2.1.2 知识的特点	22
2.1.3 知识的分类及知识表示	23
2.2 一阶谓词逻辑表示法	24
2.2.1 什么是一阶谓词	24
2.2.2 一阶谓词逻辑表示法的特点	25
2.3 产生式表示法	25

2.3.1	产生式系统的定义和组成	26
2.3.2	产生式系统问题求解的基本过程	28
2.3.3	产生式系统的类型	29
2.3.4	产生式系统的优缺点	30
2.4	语义网络表示法	31
2.4.1	语义网络的基本概念	31
2.4.2	事物和概念的表示	33
2.4.3	语义网络表示法的优缺点	35
2.5	框架表示法	36
2.5.1	框架理论	36
2.5.2	框架和实例框架	36
2.5.3	框架表示的优缺点	38
2.6	脚本表示法	39
2.6.1	脚本的结构	39
2.6.2	脚本的推理	40
2.7	过程表示法	41
2.7.1	表示知识的方法	41
2.7.2	过程表示的优缺点	42
2.8	面向对象表示法	42
2.8.1	面向对象的基本概念和特征	43
2.8.2	知识的面向对象表示	44
2.9	基于 Ontology 的知识表示法	44
2.10	基于语义 Web 的知识表示法	47
小 结		48
习 题		49
第 3 章	搜索策略	50
3.1	引 言	51
3.1.1	搜索的含义	51
3.1.2	状态空间法	52
3.1.3	问题归约	55
3.2	状态空间的盲目搜索	58
3.2.1	图搜索过程	58
3.2.2	宽度优先搜索	60
3.2.3	深度优先搜索	63
3.2.4	有界深度优先搜索	63
3.2.5	代价树搜索	66
3.3	状态空间的启发式搜索	67
3.3.1	启发式搜索窥视	68

3.3.2	启发信息与估价函数	70
3.3.3	启发式搜索算法(A 算法)	71
3.3.4	A* 算法	73
3.3.5	A* 算法应用举例	75
3.4	与/或树的盲目搜索	77
3.4.1	与/或树的一般搜索	77
3.4.2	与/或树的广度优先搜索	78
3.4.3	与/或树的深度优先搜索	79
3.5	与/或树的启发式搜索	80
3.5.1	解树的代价与希望树	80
3.5.2	与/或树的启发式搜索过程	82
3.6	博弈树搜索	83
3.6.1	前言	83
3.6.2	博弈概述	84
3.6.3	极小极大分析法	84
3.6.4	α - β 剪枝技术	85
小 结		86
习 题		86
第 4 章	确定性推理	88
4.1	推理的基本概念	88
4.1.1	推理的概念	88
4.1.2	推理的方法及其类型	89
4.1.3	推理的控制策略	90
4.1.4	推理的冲突消解策略	91
4.2	一阶谓词逻辑表示法	92
4.2.1	一阶谓词逻辑表示的逻辑基础	93
4.2.2	谓词逻辑表示方法	96
4.2.3	谓词公式的等价式	96
4.2.4	谓词公式的永真蕴含式	97
4.2.5	置换与合一	98
4.3	消解演绎推理方法	99
4.3.1	子句集及其化简	100
4.3.2	海伯伦理论	102
4.3.3	鲁宾逊消解原理	106
4.3.4	几个例子	111
4.4	不确定性推理	115
4.4.1	关于证据的不确定性	115
4.4.2	关于结论的不确定性	116

4.4.3	多个规则支持同一事实时的不确定性	116
4.4.4	模糊逻辑和模糊推理	117
4.4.5	系统组织技术	119
4.5	非单调推理	119
小 结		120
习 题		121
第 5 章	机器学习简介	122
5.1	机器学习概述	122
5.1.1	机器学习的基本思想	123
5.1.2	机器学习的发展历史	125
5.1.3	机器学习的研究热点	128
5.1.4	机器学习面临的挑战	129
5.2	机器学习的分类	130
5.2.1	符号机器学习	130
5.2.2	连接机器学习	132
5.2.3	行为机器学习	134
5.3	归纳学习	136
5.3.1	实例学习模型	137
5.3.2	决策树归纳方法	138
小 结		141
习 题		142
第 6 章	Agent 技术理论基础	143
6.1	多 Agent 系统的产生背景	143
6.2	Agent 概念	145
6.2.1	Agent 定义	145
6.2.2	Agent 属性	147
6.2.3	Agent 分类	148
6.2.4	Agent 与其他方法的区别	148
6.2.5	Agent 结构	150
6.3	多 Agent 系统	152
6.3.1	多 Agent 系统的定义	153
6.3.2	多 Agent 系统的 BDI 模型	153
6.3.3	Agent 通信	154
6.3.4	多 Agent 系统的开发方法及工具	156
6.4	Agent 的研究应用领域	158
小 结		161
习 题		161
参考文献		162

第1章

绪论

本章重点:人工智能的定义;人工智能的起源与发展过程;目前人工智能的主要学派;人工智能所研究的范围与应用领域。

本章难点:如何理解人工智能;人工智能的主要学派与其争论焦点。

人工智能——一个听起来带有神秘和梦幻色彩的词汇,自其诞生之日起就引起人们无限美丽的想象和向往,同时也寄托了人们对广阔宇宙的遐想和憧憬,它就像普罗米修斯为人类带来了火种一样,并为人类开启了又一扇智慧之门。

《机器猫》、《圣斗士星矢》这些好多是我们儿时的最爱,《星球大战》、《骇客帝国》、《变形金刚》也刚刚在我们眼前划过,尚历历在目、过目难忘,但要说人们脑海里对人工智能这个词打下烙印最深的就一定非由好莱坞著名大导演斯皮尔伯格导演的《AI》莫数了。

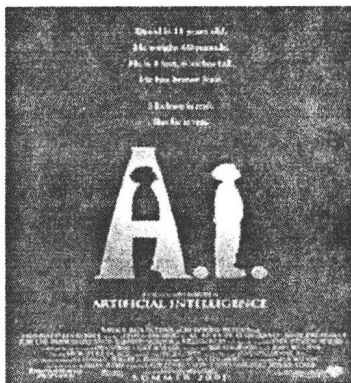


图 1.1 电影《AI》海报

人工智能已经成为学科交叉发展中的一颗明珠,光芒四射,50多年来,人工智能获得很大发展,已引起众多学科和不同专业背景学者们的日益重视,成为一门由计算机科学、控制论、信息论、语言学、神经生理学、心理学、数学、哲学等多种学科相互渗透而发展起来的综合性新学科。

本章主要介绍人工智能的定义、研究目标、起源和发展概况、相关学派及其认识观,然后讨论人工智能的研究和应用领域,希望通过本章的介绍能够帮助读者脱掉人工智能神秘的外衣,跳出畏惧人工智能的圈子,畅游于人工智能广阔海洋。

1.1 人工智能的定义和研究目标

人类智能伴随着人类活动可以说无处不在。人类每天许多的日常活动,如博弈、游戏(见图 1.2 和图 1.3)、网上星运和算命、体育竞技、规划、解题、编程、机器翻译,甚至开车和过马路都需要“智能”。如果机器能够执行这种任务,就可以认为机器已具有某种性质的“人工智能”。

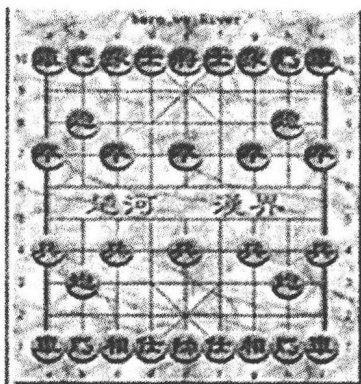


图 1.2 博弈

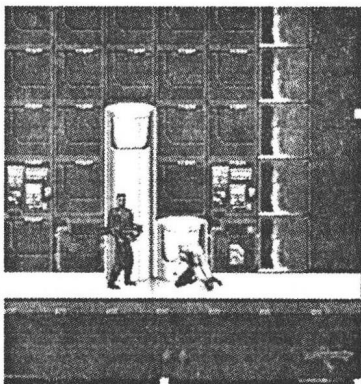


图 1.3 游戏

人工智能是一组旨在使计算机模拟人类推理的技术。总的来说,人工智能编程就是要把人脑思维的过程逻辑化、程式化。举个例子,一个人要出门看见外面下雨,就会去拿伞。在编程中这一过程可表述为:

```
IF(外面下雨)AND(我要出门)
  THEN(去拿伞)。
```

这就是一个简单的人工智能例子。

博弈(棋)类游戏的程序是小游戏中人工智能编程的典范,事实上战略游戏、RPG 游戏等大型游戏都带着较大的博弈类游戏成分,只不过棋子变成了坦克、飞机、人物等。

1.1.1 图灵测试

1.图灵简介

阿兰·图灵:计算机逻辑的奠基者,他在 24 岁时提出了图灵机理论,31 岁参与了 Colossus(二战时,英国破解德国通讯密码的计算机)的研制,33 岁时构思了仿真系统,35 岁提出自动程序设计概念,38 岁设计了“图灵测试”,后来还创造了一门新学科——非线性力学。虽然图灵去世时只有 42 岁,但在其短暂而离奇的生涯中的那些科技成就,已让后人享用不尽。人们仰望着这位伟大的英国科学家,把“计算机之父”、“人工智能之父”、“破译之父”等等头衔都加冕在他身上,甚至认为,他在技术上的贡献及对未来世界的影响几乎可与牛顿、爱因斯坦等巨人比肩。



Alan Turing(1912—1954)

2.图灵测试

在给人工智能下定义之前,让我们先来了解一下什么是“图灵测试(Turing test)”,测试过程为:由一位提问者在—个房间里通过计算机终端与另外两个回答者 A 和 B 通信,提问者知道其中一位回答者是人,另一位回答者是机器,但不知道哪个是人,哪个是机器。在分别与 A 和 B 交谈后(交谈的内容可以涉及数学、科学、政治、体育、娱乐、艺术、情绪等任何方面),提问者要判断出哪个回答者是机器。如果机器在一次会话中成功地扮演了人的角色,就可以认为它具有智能。图灵测试如图 1.4 所示。



图 1.4 图灵测试示意图

图灵测试用人类的表现来衡量假设的智能机器的表现,这无疑是评价智能行为的最好的标准之一,而且它给出了一个可观的智能概念,也就是根据对一系列特定问题的反应来决定是否是智能体的行为。这为判断智能提供了一个标准,同时图灵测试也成为许多现代人工智能程序评价方案的基础。

1.1.2 人工智能的定义

谈到人工智能,首先需要指明以下两点:第一,人工智能和其他许多新兴学科一样,至今尚无一个统一的定义,所谓人工智能的定义,只是人工智能学者根据对它的已有认识所作的一些不同解释;第二,人工智能的定义依赖于智能的定义。因此,首先让我们来看看智能的定义。

智能(intelligence)是人类所特有的区别于一般生物的主要特征。智能解释为“感知、学习、理解、知道的能力,思维的能力”。智能通常被理解为“人认识客观事物并运用知识解决实际问题的能力……往往通过观察、记忆、想象、思维、判断等表现出来”。

人工智能(artificial intelligence)是研究、理解和模拟人类智能、智能行为及其规律的一门学科。其主要任务是建立智能信息处理理论,进而设计可以展现某些近似于人类智能行为的计算系统。

智能机器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。

人工智能能力是智能机器所表现的通常与人类智能有关的行为能力,如判断、推理、证明、识别、感知、理解、通信、设计、思考、规划、学习和问题求解等思维能力。

1.1.3 人工智能的研究目标

关于人工智能的研究目标,目前还没有一个统一的说法。1987年,索罗门(A. Sloman)对人工智能给出了以下三个主要目标:

- (1) 对智能行为有效解释的理论分析;
- (2) 解释人类智能;
- (3) 构造智能的人工制品。

要实现索罗门的这些目标,需要同时开展对智能机理和智能构造技术的研究。即使对图灵所期望的那种智能机器,尽管他没有提到思维过程,但是真正实现这种智能机器,却同样离不开对智能机理的研究。因此,揭示人类智能的根本机理,用智能机器去模拟、延伸和扩展人类智能应该是人工智能研究的根本目标,或者叫远期目标。人工智能的远期目标涉及脑科学、认知科学、计算机科学、系统科学、控制论及微电子等多种学科,并依赖于这些学科的共同发展,但从目前这些学科的现状来看,实现人工智能的远期目标还需要一个较长的时期。

在这种情况下,人工智能研究的近期目标是研究如何使现有的计算机更聪明,即让它能够运用知识去处理问题,能够模拟人类的智能行为,如推理、思考、分析、决策、预测、理解、规划、设计和学习等。为了实现这一目标,人们需要根据现有计算机的特点,研究实现智能的有关理论、方法和技术,建立相应的智能系统。

实际上,人工智能的远期目标与近期目标是相互依存的。远期目标为近期目标指明了方向,而近期目标则为远期目标奠定了理论和技术基础。同时,近期目标和远期目标之间并无严格界限,近期目标会随着人工智能的发展而变化,并最终达到远期目标。

1.2 人工智能的起源和发展

1.2.1 人工智能的起源

人工智能的思想萌芽可以追溯到 17 世纪的帕斯卡和莱布尼茨,他们较早萌生了有智能的机器的想法。19 世纪,英国数学家布尔和德·摩尔根提出了“思维定律”,这些可谓是人工智能的开端。19 世纪 20 年代,英国科学家巴贝奇设计了第一架“计算机器”,它被认为是计算机硬件,也是人工智能硬件的前身。电子计算机的问世,使人工智能的研究真正成为可能。

1.2.2 人工智能的发展

人工智能的发展是以硬件与软件的发展为基础的,经历了漫长的发展历程。特别是 20 世纪 30 年代和 40 年代的智能界,发现了两件重要的事情:数理逻辑和关于计算的新思想。以维纳(Wiener)、弗雷治、罗素等为代表对发展数理逻辑学科的贡献及丘奇(Church)、图灵和其他一些人关于计算本质的思想,对人工智能的形成产生了重要影响。

作为一门学科,人工智能于 1956 年问世,是由“人工智能之父”McCarthy 及一批数学家、信息学家、心理学家、神经生理学家、计算机科学家在 Dartmouth 大学召开的会议上,首次提出的。

表 1.1 人工智能发展历程表

人物组成	事 件
亚里士多德	创立演绎法
培根	创立归纳法
莱布尼茨	将形式逻辑符号化
帕斯卡	制造世界上第一台加法器
巴贝奇	发明了差分机和分析机
布尔	创立布尔代数
图灵	创立自动机理论
冯·诺依曼	提出存储程序的概念
莫克利 & 埃克特	成功研制世界上第一台通用电子计算机 ENIAC
维纳	创立控制论
香浓	创立信息论
麦克洛奇 & 皮兹	建成第一个神经网络模型(MP 模型)

人工智能的发展经历了以下几个阶段。

1.20 世纪 50 年代人工智能的兴起和冷落

人工智能概念首次提出后,相继出现了一批显著的成果,如机器定理证明、跳棋程序、通用问题求解程序、LISP 表处理语言等。但由于消解法推理能力有限,以及机器翻译的失败,使人工智能走入了低谷。这一阶段的特点是:重视问题求解的方法,忽视知识重要性。

2.20 世纪 60 年代末到 70 年代,专家系统出现,使人工智能研究出现新高潮

DENDRAL 化学质谱分析系统、MYCIN 疾病诊断和治疗系统、PROSPECTOR 探矿系统、Hearsay-II 语音理解系统等专家系统的研究和开发,将人工智能引向了实用化。并且,1969 年召开国际人工智能联合会议(International Joint Conferences on Artificial Intelligence,即 IJCAI)。

3.20 世纪 80 年代,随着第五代计算机的研制,人工智能得到了很大发展

日本 1982 年开始了“第五代计算机研制计划”,即“知识信息处理计算机系统(KIPS)”,其目的是使逻辑推理达到数值运算那么快。虽然此计划最终失败,但它的开展形成了一股研究人工智能的热潮。

4.20 世纪 80 年代末,神经网络飞速发展

1987 年,美国召开第一次神经网络国际会议,宣告了这一新学科的诞生。此后,各国在神经网络方面的投资逐渐增加,神经网络迅速发展起来。

5.20 世纪 90 年代,人工智能出现新的研究高潮

由于网络技术特别是国际互联网技术的发展,人工智能开始由单个智能主体研究转向基于网络环境下的分布式人工智能研究。不仅研究基于同一目标的分布式问题求解,而且研究多个智能主体的多目标问题求解,使人工智能更面向实用。另外,由于 Hopfield