



云南省普通高等学校十二五规划教材

大数据与
计算机科学系列

大数据
技术与
应用方向

人工智能原理及应用

余玉梅 段 鹏 编著



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS



云南省普通高等学校十二五规划教材

大数据与计算机科学系列

大数据技术与应用方向

人工智能原理及应用

余玉梅 段 鹏 编著



上海交通大学出版社

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书是云南省高等学校“十二五”规划教材,是作者在科学研究与教学实践的基础上,吸纳了国内外人工智能领域专家学者的经验,归纳、整理、提炼而形成的,主要讲述了人工智能的基本概念和基本原理,给出了在相应领域的算法及应用。全书共8章,主要内容有:人工智能的基本概念、知识表示和问题求解、自动规划求解系统、机器学习、自然语言处理技术、智能信息处理技术、分布式人工智能和 Agent 技术、知识发现与数据挖掘等。

本书可作为计算机类及相关专业本科高年级学生或研究生的教材,也可供从事计算机科学、人工智能等方面工作的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能原理及应用 / 余玉梅,段鹏编著. —上海:
上海交通大学出版社, 2018
ISBN 978-7-313-18264-7

I. ①人… II. ①余… ②段… III. ①人工智能—高等学校—教材 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 249748 号

人工智能原理及应用

编 著: 余玉梅 段 鹏

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 谈 毅

印 制: 上海景条印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 316 千字

版 次: 2018 年 12 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-18264-7/TP

定 价: 42.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 13.25

印 次: 2018 年 12 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 021-59815625

前 言

人工智能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,是计算机科学、控制论、信息论、自动化、仿生学、生物学、语言学、神经生理学、心理学、数学、医学和哲学等多种学科相互渗透而发展起来的综合性的交叉学科和边缘学科。人工智能的基本目标是使机器不仅能模拟,而且可以延伸、扩展人的智能,更进一步的目标是制造出智能机器。人工智能自 20 世纪 50 年代中期诞生以来,取得了长足的发展。

随着人工智能时代的到来,对人工智能原理进行深入研究,对人工智能学科进行理论创新和应用创新,将有力地推动科学技术和经济社会的发展。为此,世界各国对人工智能的研究都十分重视,投入大量的人力、物力和财力,激烈争夺这一高新技术的制高点。计算机学科、自动化领域的学科及计算机应用密集的其他学科的学生掌握人工智能的基础知识,已经成为国内外许多高校提高学生综合素质,培养高水平、复合型和创新型人才的一项重要举措。

本书是在余玉梅、段鹏编写的《人工智能及其应用》(上海交通大学出版社 2007 年出版)的基础上编写完成的,新增内容在 40%左右。编写过程中,注意跟踪学科前沿,结合智能计算理论和应用的发展,根据作者多年的教学经验和体会,对教材结构和内容进行了重组,增加了相应的章节,加入一些实例、习题,让学生更易理解和掌握,进一步丰富和完善了教材内容。

本书力求深入浅出地对人工智能的基本原理及应用进行讨论,同时为读者提供学习和研究本学科的有效工具。全书分 8 章。第 1 章介绍人工智能的基本概念;第 2 章介绍知识表示和问题求解;第 3 章介绍自动规划求解系统;第 4 章介绍机器学习;第 5 章介

绍自然语言处理技术;第6章介绍智能信息处理技术;第7章介绍分布式人工智能和Agent技术;第8章介绍知识发现与数据挖掘等。其中第1章、第2章、第3章、第4章、第5章由余玉梅撰稿,第6章、第7章、第8章由段鹏撰稿。

本书在写作过程中,得到了云南省教育厅和云南民族大学“十二五”规划教材建设项目的大力支持,同时得到了很多专家的指导和帮助。另外,书中部分定义、算法、模型、实例等内容,直接或间接地参考和引用了许多国内外专家和学者的文献资料,这些资料已在本书的主要参考文献中列出,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,加之人工智能发展较快,书中存在的错误、疏漏和不妥之处,恳请读者不吝赐教和批评指正。

余玉梅 段鹏

2017年8月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 人工智能概念和发展	1
1.1.1 人工智能的概念	1
1.1.2 人工智能的发展简史	6
1.2 人工智能的研究学派	12
1.2.1 符号主义	12
1.2.2 联结主义	12
1.2.3 行为主义	12
1.3 人工智能的研究目标	13
1.4 人工智能的研究领域	13
1.4.1 模式识别	13
1.4.2 自动定理证明	14
1.4.3 机器视觉	15
1.4.4 专家系统	15
1.4.5 机器人	15
1.4.6 自然语言处理	15
1.4.7 博弈	16
1.4.8 人工神经网络	16
1.4.9 问题求解	17
1.4.10 机器学习	17
1.4.11 基于 Agent 的人工智能	17
第 2 章 知识表示和问题求解	18
2.1 知识及知识表示的基本概念	18
2.1.1 知识的概念	18
2.1.2 知识表示	18

2.1.3	知识的分类	20
2.1.4	知识的使用	20
2.1.5	对知识表示方法的衡量	21
2.2	状态空间知识表示及求解	22
2.2.1	状态空间表示法	22
2.2.2	图搜索策略	24
2.3	产生式系统及推理	37
2.3.1	产生式系统的构成	38
2.3.2	产生式系统的求解问题策略	40
2.4	问题归约法	47
2.4.1	问题归约表示	48
2.4.2	与/或图表示	48
2.5	谓词逻辑表示及归结原理	50
2.5.1	命题逻辑	50
2.5.2	谓词逻辑	53
2.5.3	一阶谓词演算的基本体系	60
2.5.4	推理规则	63
2.5.5	归结原理	66
2.6	语义网络	83
2.6.1	语义网络的构成及特点	84
2.6.2	语义网络的表示	84
2.6.3	语义网络的推理	90
2.6.4	语义网络表示的优缺点特点	94
2.7	其他知识表示与问题求解方法	94
2.7.1	框架	94
2.7.2	脚本	99
2.7.3	过程	101
第3章	自动规划求解系统	106
3.1	规划	106
3.1.1	规划的概念	106
3.1.2	规划的特性及作用	107
3.1.3	系统规划求解的方法与途径	107
3.1.4	系统规划求解的任务	107
3.2	机器规划成功性基本原理	108
3.2.1	概述	108
3.2.2	总规划的设计与分层规划原理	108
3.2.3	规划问题求解与最优规划原理	109
3.3	机器人规划求解应用举例	110

第 4 章 机器学习	114
4.1 机器学习的概念	114
4.1.1 什么是学习	114
4.1.2 机器学习与人类学习的区别	115
4.1.3 机器学习实现的困难	115
4.2 机器学习的研究目标	115
4.2.1 通用学习算法	116
4.2.2 认知模型	116
4.2.3 工程目标	116
4.3 机器学习系统	116
4.3.1 什么是机器学习系统	116
4.3.2 机器学习的基本模型	116
4.4 机器学习的分类	118
4.5 实例学习	119
4.5.1 概述	119
4.5.2 实例学习的两个空间模型	119
4.5.3 实例学习示例	121
第 5 章 自然语言处理技术	124
5.1 自然语言处理概述	124
5.1.1 汉语信息处理技术方面的进展	125
5.1.2 少数民族语言文字信息处理技术方面的进展	125
5.1.3 自然语言处理的研究领域和方向	127
5.2 自然语言理解	128
5.2.1 自然语言分析的层次	129
5.2.2 自然语言理解的层次	130
5.3 词法分析	131
5.3 句法分析	132
5.3.1 短语结构文法	132
5.3.2 乔姆斯基文法体系	132
5.3.3 句法分析树	134
5.3.4 转移网络	134
5.4 语义分析	135
5.4.1 语义文法	135
5.4.2 格文法	135
5.5 大规模真实文本的处理	136
5.6 信息搜索	137
5.6.1 搜索引擎	137
5.6.2 智能搜索引擎	138

5.7	机器翻译	138
5.7.1	基于词的统计机器翻译	139
5.7.2	基于短语的统计机器翻译	140
5.8	语音识别	141
5.8.1	信号处理	141
5.8.2	识别	142
第6章	智能信息处理技术	144
6.1	神经网络	144
6.1.1	神经网络的模型和学习算法	144
6.1.2	几种典型神经网络简介	148
6.1.3	神经网络的应用	152
6.2	深度学习	153
6.2.1	深度学习的模型和学习算法	154
6.2.2	深度学习的应用	159
6.3	遗传算法	159
6.3.1	遗传算法的概念	160
6.3.2	基本遗传算法	161
6.3.3	遗传算法应用	164
6.4	粗糙集方法	165
6.4.1	粗糙集的基本概念	165
6.4.2	粗糙集对缺失数据的补齐方法	167
6.5	模糊计算技术	170
6.5.1	模糊集合	170
6.5.2	模糊集合的表示方法	170
6.5.3	模糊集合的运算	171
6.5.4	隶属函数	172
6.5.5	模糊模式识别	172
6.6	云模型理论	173
6.7	支持向量机	175
6.7.1	线性分类	176
6.7.2	核函数	177
6.7.3	SVM 的应用	177
第7章	分布式人工智能和 Agent 技术	178
7.1	分布式人工智能	178
7.2	Agent 系统	178
7.2.1	Agent 的基本概念及特性	179
7.2.2	Agent 的分类及能力	180

7.3 多 Agent 系统	182
7.3.1 多 Agent 系统的基本概念及特性	182
7.3.2 多 Agent 系统的研究内容	182
第 8 章 知识发现与数据挖掘	184
8.1 知识发现	184
8.2 数据挖掘	185
8.2.1 数据挖掘技术的产生及定义	185
8.2.2 数据挖掘的功能	186
8.2.3 常用的数据挖掘方法	187
8.3 大数据处理	193
8.3.1 大数据计算框架——MapReduce	195
8.3.2 Hadoop 平台及相关生态系统	195
8.3.3 Spark 计算框架及相关生态系统	196
8.3.4 流式大数据	197
8.3.5 大数据挖掘与分析	198
主要参考文献	200

第 1 章 绪 论

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是 20 世纪 50 年代中期兴起的一门边缘学科,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,是计算机科学、控制论、信息论、自动化、仿生学、生物学、语言学、神经生理学、心理学、数学、医学和哲学等多种学科相互渗透而发展起来的综合性的交叉学科和边缘学科。

人工智能在最近几年发展迅速,已经成为科技界和大众都十分关注的一个热点领域。尽管目前人工智能在发展过程中还面临着很多困难和挑战,但人工智能已经创造出了许多智能产品,并将在越来越多的领域制造出更多甚至是超过人类智能的产品,为改善人类的生活做出更大贡献。

1.1 人工智能概念和发展

1.1.1 人工智能的概念

智能指学习、理解并用逻辑方法思考事物,以及应对新的或者困难环境的能力。智能的要素包括:适应环境,适应偶然性事件,能分辨模糊的或矛盾的信息,在孤立的情况中找出相似性,产生新概念和新思想。智能行为包括知觉、推理、学习、交流和在复杂环境中的行为。智能分为自然智能和人工智能。

自然智能指人类和一些动物所具有的智力和行为能力。人类智能是人类所具有的以知识为基础的智力和行为能力,表现为有目的的行为、合理的思维,以及有效地适应环境的综合性能力。智力是获取知识并运用知识求解问题的能力,能力则指完成一项目标或者任务所体现出来的素质。智能、智力和能力之间的关系与区别,如图 1-1 所示。

1. 什么是人工智能

人工智能是相对于人的自然智能而言的,从广义上解释就是“人造智能”,指用人工的方法和技术在计算机上实现智能,以模拟、延伸和扩展人类的智能。由于人工智能是在机器上实现的,所以又称机器智能。

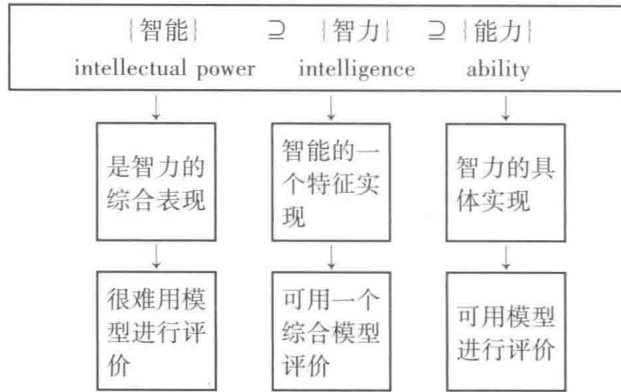


图 1-1 智能、智力和能力间的关系与区别

精确定义人工智能是件困难的事情,目前尚未形成公认、统一的定义,于是不同领域的研究者从不同的角度给出了不同的描述。

N.J. Nilsson 认为:人工智能是关于知识的科学,即怎样表示知识、怎样获取知识和怎样使用知识,并致力于让机器变得智能的科学。

P. Winston 认为:人工智能就是研究如何使计算机去做过去只有人才能做的富有智能的工作。

M. Minsky 认为:人工智能是让机器做本需要人的智能才能做到的事情的一门科学。

A. Feigenbaum 认为:人工智能是一个知识信息处理系统。

James Albus 说:“我认为,理解智能包括理解:知识如何获取、表达和存储;智能行为如何产生和学习;动机、情感和优先权如何发展和运用;传感器信号如何转换成各种符号,怎样利用各种符号执行逻辑运算,对过去进行推理及对未来进行规划,智能机制如何产生幻觉、信念、希望、畏惧、梦幻甚至善良和爱情等现象。我相信,对上述内容有一个根本的理解将会成为与拥有原子物理、相对论和分子遗传学等级相当的科学成就。”

尽管上面的论述对人工智能的定义各自不同,但可以看出,人工智能就其本质而言就是研究如何制造出人造的智能机器或智能系统,来模拟人类的智能活动,以延伸人们智能的科学。人工智能包括有规律的智能行为。有规律的智能行为是计算机能解决的,而无规律的智能行为,如洞察力、创造力,计算机目前还不能完全解决。

2. 如何判定机器智能

1) 图灵测试

英国数学家和计算机学家艾伦·图灵(Alan Turing,见图 1-2)曾经做过一个很有趣的尝试,借以判定某一特定机器是否具有智能。这一尝试是通过所谓的“问答游戏”进行的。这种游戏要求某些客人悄悄藏到另一间房间里去。然后请留下来的人向这些藏起来的人提问题,并要他们根据得到的回答来判定与他对话的是一位先生还是一位女士。回答必须是间接的,必须有一个中间人把问题写在纸上,或者来回传话,或者通过电传打字机联系。图灵由此想到,同样可以通过与一台据称有智能的机器作回答来测试这台机器是否真有智能。



图 1-2 图灵

1950年图灵提出了著名的图灵测试(Turing Test)。方法是分别由人和计算机来同时回答某人提出的各种问题。如果提问者辨别不出回答者是人还是机器,则认为通过了测试,并且说这台机器有智能。图灵自己也认为制造一台能通过图灵测试的计算机并不是一件容易的事。他曾预言,在50年以后,当计算机的存储容量达到 10^9 水平时,测试者有可能在连续交谈约5分钟后,以不超过70%的概率作出正确的判断。

“图灵测试”的构成:测试用计算机、被测试的人和主持测试的人。

方法:

(1) 测试用计算机和被测试的人分开去回答相同的问题。

(2) 把计算机和人的答案告诉主持人。

(3) 主持人若不能区别开答案是计算机回答的还是人回答的,就认为被测计算机和人的智力相当。

1991年,美国塑料便携式迪斯科跳舞毯大亨休·洛伯纳(Hugh Loebner)赞助“图灵测试”,并设立了洛伯纳奖(Loebner Prize),第一个通过一个无限制图灵测试的程序将获得10万元美金。对洛伯纳奖来说,人和机器都要回答裁决者提出的问题。每一台机器都试图让一群评审专家相信自己是真正的人类,扮演人的角色最好的那台机器将被认为是“最有人性的计算机”而赢得这个竞赛,而参加测试胜出的人则赢得“最有人性的人”大奖。在过去的20多年里,人工智能社群都会齐聚以图灵测试为主题的洛伯纳大奖赛,这是该领域最令人期待也最惹人争议的盛事。

2014年6月一个俄罗斯团队开发了名为“Eugene Goostman”(见图1-3)的人工智能聊天软件,它模仿的是一个来自乌克兰名为Eugene Goostman的13岁男孩。英国雷丁大学于图灵去世60周年纪念日当天,对这一软件进行了测试。据报道,在伦敦皇家学会进行的测试中,33%的对话参与者认为,聊天的对方是一个人类,而不是计算机。英国雷丁大学的教授Kevin Warwick对英国媒体表示,此次“Eugene Goostman”的测试,并未事先确定话题,因此可以认为,这是人类历史上第一次计算机真正通过图灵测试。然而,有学者对这个结论提出了质疑,认为愚弄30%的裁判是一个很低的门槛,图灵预言到2000年计算机程序能在5分钟的文字交流中欺骗30%的人类裁判,这个预言并不是说欺骗30%的人就是通过图灵测试。图灵只是预测计算机在50年内会取得多大进展。图灵测试对智能标准作了简单的说明,但存在如下问题:

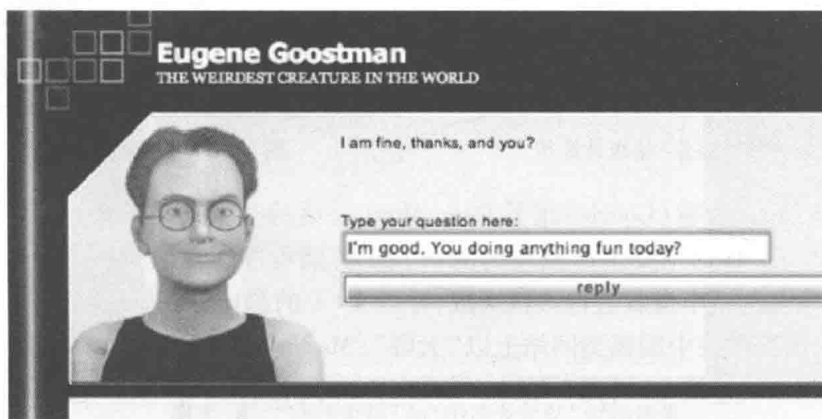


图1-3 Eugene Goostman 聊天软件

- (1) 主持人提出的问题标准不明确。
- (2) 被测人的智能问题也没有明确说出。
- (3) 该测试仅强调结果,而未反映智能所具有的思维过程。

如果测试的是复杂的计算问题,则计算机可以比被测试的人更快更准确地得出正确答案。如果测试的问题是一些常识性的问题,人类可以非常轻松地处理,而对计算机来说却非常困难。

图灵测试的本质可以理解为计算机在与人类的博弈中体现出智能,虽然目前还没有机器人能够通过图灵测试,图灵的预言并没有完全实现,但基于国际象棋、围棋和扑克软件进行的人机大战,让人们看到了人工智能的进展。

1997年5月11日,IBM开发的能下国际象棋的“深蓝”计算机在正式比赛中战胜了国际象棋世界冠军卡斯帕罗夫,这是人与计算机之间挑战赛中历史性的一天。“深蓝”是并行计算的电脑系统,是美国IBM公司生产的一台超级国际象棋电脑,重1270千克,有32个微处理器,另加上480颗特别制造的VLSI象棋芯片,每秒钟可以计算2亿步。下棋程序以C语言写成,运行AIX操作系统。“深蓝”输入了一百多年来优秀棋手的对局两百多万局,其算法的核心是基于穷举:生成所有可能的走法,然后执行尽可能深的搜索,并不断对局面进行评估,尝试找出最佳走法。深蓝的象棋芯片包含三个主要的组件:走棋模块(Move Generator)、评估模块(Evaluation Function)以及搜索控制器(Search Controller)。各个组件的设计都服务于“优化搜索速度”这一目标。“深蓝”可搜寻及估计随后的12步棋,而一名人类象棋好手大约可估计随后的10步棋(见图1-4、图1-5)。“深蓝”是仅在某一领域发挥特长的狭义人工智能的例子,而AlphaGo和“冷扑大师”则向通用人工智能迈进了一步。

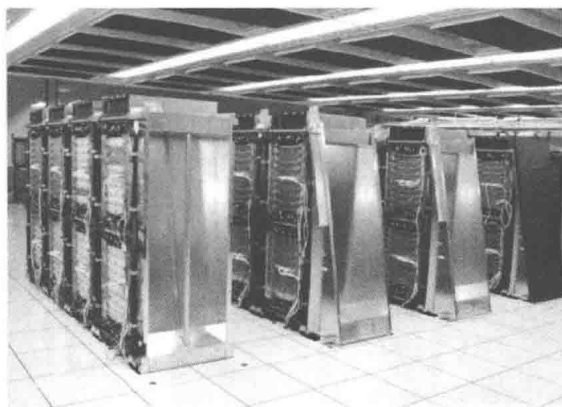


图 1-4 IBM“深蓝”超级计算机



图 1-5 卡斯帕罗夫与“深蓝”

2016年3月,由谷歌(Google)旗下Deep Mind公司的杰米斯·哈萨比斯与他的团队开发的以“深度学习”作为主要工作原理的围棋人工智能程序阿尔法狗(AlphaGo),与围棋世界冠军、职业九段选手李世石进行人机大战,并以4:1的总比分获胜(见图1-6)。2016年末2017年初,该程序在中国棋类网站上以“大师”(Master)为注册账号与中日韩数十位围棋高手进行快棋对决,连续60局无一败绩。2017年1月,谷歌Deep Mind公司CEO哈萨比斯在德国慕尼黑DLD(数字、生活、设计)创新大会上宣布推出真正2.0版本的阿尔法狗。其特

点是摒弃了人类棋谱,靠深度学习的方式成长起来挑战围棋的极限。在战胜李世石一年后,2017年5月23—27日,AlphaGo在浙江乌镇挑战世界围棋第一人中国选手柯洁九段,以3:0战胜对手(见图1-7)。

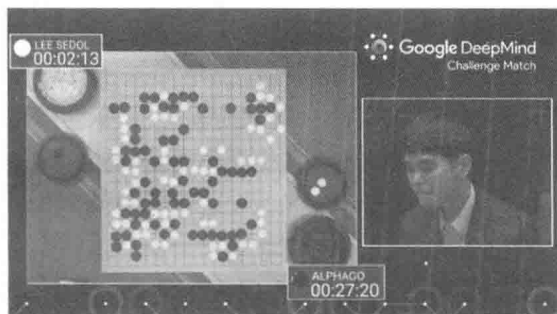


图 1-6 李世石与 AlphaGo

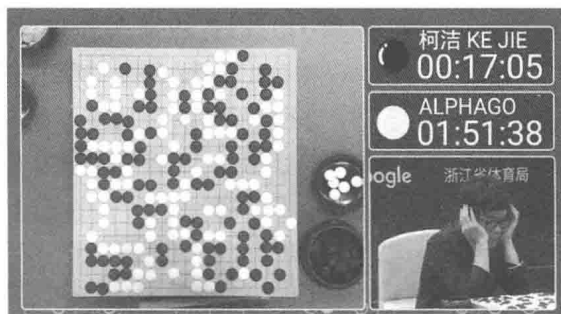


图 1-7 柯洁与 AlphaGo

相较于国际象棋或是围棋等所谓的“完美信息”游戏,扑克玩家彼此看不到对方的底牌,是一种包含着很多隐性信息的“非完美信息”游戏,也因此成为各式人机对战形式中,人工智能所面对最具挑战性的研究课题。2017年1月,由卡内基梅隆大学 Tuomas Sandholm 教授和博士生 Noam Brown 所开发的 Libratus 扑克机器人——“冷扑大师”,在美国匹兹堡对战四名人类顶尖职业扑克玩家并大获全胜,成为继 AlphaGo 对战李世石后人工智能领域的又一里程碑级事件。2017年4月6—10日,由创新工场 CEO 暨创新工场人工智能工程院院长李开复博士发起,邀请 Libratus 扑克机器人主创团队访问中国,在海南进行了一场“冷扑大师V.S.中国龙之队——人工智能和顶尖牌手巅峰表演赛”。“中国龙之队”由中国扑克高手杜悦带领,这也是亚洲首度举办的人工智能与真人对打的扑克赛事,人工智能“冷扑大师”最终以 792 327 总记分牌的战绩完胜并赢得 200 万元奖金(见图1-8)。

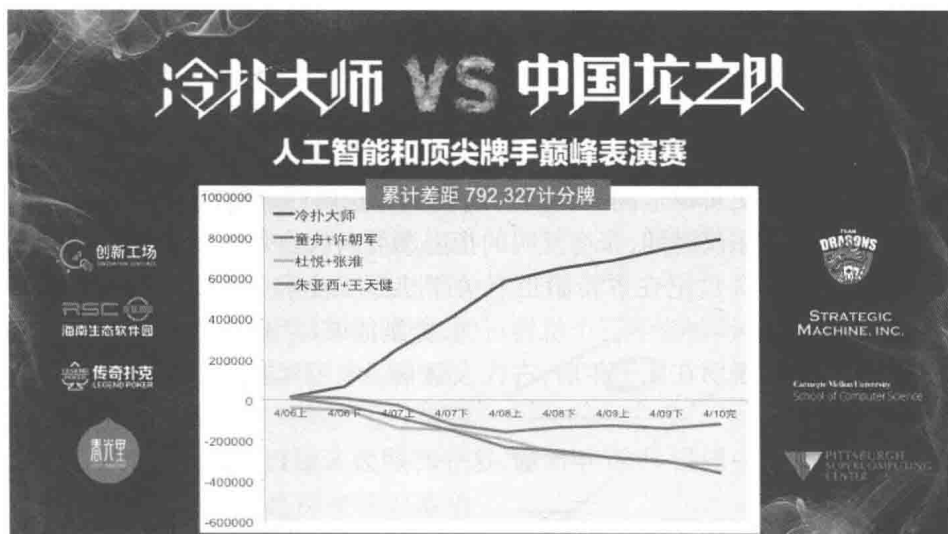


图 1-8 “冷扑大师”和“中国龙之队”对决结果

“冷扑大师”发明人、卡内基梅隆大学 Tuomas Sandholm 教授介绍,“冷扑大师”采取的古典线性计算,主要运用了三种全新算法,包括比赛前采用近于纳什均衡策略的计算(Nash Equilibrium Strategies)、每手牌中运用终结解决方案(Endgame Solving)以及根据对手能被识别和利用的漏洞,持续优化战略打得更为趋近平衡。这个算法模型不限扑克,可以应用在各个真实生活和商业应用领域,应对各种需要解决不完美信息的战略性推理场景。“冷扑大师”相对于“阿尔法狗”的不同在于,前者不需要提前背会大量棋(牌)谱,也不局限于在公开的完美信息场景中进行运算,而是从零开始,基于扑克游戏规则针对游戏中对手劣势进行自我学习,并通过博弈论来衡量和选取最优策略。这也是“冷扑大师”在比赛后期越战越勇,让人类玩家难以抵挡的原因之一。

2) 中文屋子问题

如果一台计算机通过了图灵测试,那么它是否真正理解了问题呢? 美国哲学家约翰·希尔勒对此提出了否定意见。为此,希尔勒利用罗杰·施安克编写的一个故事理解程序(该程序可以在“阅读”一个英文写的小故事之后,回答一些与故事有关的问题),提出了中文屋子问题。

希尔勒首先设想的故事不是用英文,而是用中文写的。这一点对计算机程序来说并没有太大的变化,只是将针对英文的处理改变为处理中文即可。希尔勒想象自己在一个屋子里完全按照施安克的程序进行操作,因此最终得到的结果是中文的“是”或“否”,并以此作为对中文故事的问题的回答。希尔勒不懂中文,只是完全按程序完成了各种操作,他并没有理解故事中的任何一个词,但给出的答案与一个真正理解这个故事的中国人给出的一样好。由此,希尔勒得出结论:即便计算机给出了正确答案,顺利通过了图灵测试,但计算机也没有理解它所做的一切,因此也就不能体现出任何智能。

3. 图灵测试的应用

人们根据计算机难以通过图灵测试的特点,逆向地使用图灵测试,有效地解决了一些难题。如在网络系统的登录界面上,随机地产生一些变形的英文单词或数字作为验证码,并加上比较复杂的背景,登录时要求正确地输入这些验证码,系统才允许登录。而当前的模式识别技术难以正确识别复杂背景下变形比较严重的英文单词或数字,这点人类却很容易做到,这样系统就能判断登录者是人还是机器,从而有效地防止了利用程序对网络系统进行的恶意攻击。

1.1.2 人工智能的发展简史

人工智能的研究历史可以追溯到遥远的过去。在我国西周时代,巧匠偃师为周穆王制造歌舞机器人的传说。东汉时期,张衡发明的指南车可以认为是世界上最早的机器人雏形。公元前3世纪和公元前2世纪在古希腊也有关于机器卫士和玩偶的记载。1768—1774年间,瑞士钟表匠德罗思父子制造了三个机器玩偶,分别能够写字、绘画和演奏风琴,它们是由弹簧和凸轮驱动的。这说明在几千年前,古代人就有了人工智能的幻想。

1. 孕育期

人工智能的孕育期一般指1956年以前,这一时期为人工智能的产生奠定了理论和计算工具的基础。

1) 问题的提出

1900年,世纪之交的数学家大会在巴黎召开,数学家大卫·希尔伯特(David Hilbert, 见

图1-9)庄严地向全世界数学家们宣布了23个未解决的难题。这23道难题道道经典,而其中的第二问题和第十问题则与人工智能密切相关,并最终促成了计算机的发明。因此,有人认为是20世纪初期的数学家,用方程推动了整个世界。

被后人称为希尔伯特纲领的希尔伯特的第二问题是数学系统中应同时具备一致性和完备性。希尔伯特的第二问题的思想,即数学真理不存在矛盾,任何真理都可以描述为数学定理。他认为可以运用公理化的方法统一整个数学,并运用严格的数学推理证明数学自身的正确性。希尔伯特第十问题的表述是:“是否存在判定任意一个丢番图方程有解的机械化运算过程。”后半句中的“机械化运算过程”就是算法。

捷克数学家库尔特·哥德尔(Kurt Godel,见图1-10)致力于攻克第二问题。他很快发现,希尔伯特第二问题的断言是错的,其根本问题是它的自指性。他通过后来被称为“哥德尔句子”的悖论句,证明了任何足够强大的数学公理系统都存在着瑕疵,一致性和完备性不能同时具备,这便是著名的哥德尔定理。1931年库尔特·哥德尔提出了被美国《时代周刊》评选为20世纪最有影响力的数学定理:哥德尔不完备性定理,推动了整个数学的发展。在哥德尔的原始论文中,所有的表述是严格的数学语言。哥德尔句子可以通俗地表述为:本数学命题不可以被证明,句子:“我在说谎”也是哥德尔句子。



图1-10 哥德尔

图灵被希尔伯特的第十问题深深地吸引了。图灵设想出了一个机器——图灵机,它是计算机的理论原型,圆满地刻画出了机械化运算过程的含义,并最终为计算机的发明铺平了道路。

图灵机模型(见图1-11)形象地模拟了人类进行计算的过程,图灵机模型一经提出就得到了科学家们的认可。1950年,图灵发表

了题为《计算机能思考吗?》的论文,论证了人工智能的可能性,并提出了著名的“图灵测试”,推动了人工智能的发展。1951年,他被选为英国皇家学会会员。

对于是否存在真正的人工智能或者说是否能够造出智力水平与人类相当甚至超过人类的智能机器,一直存在着争论。一类观点认为:如果把人工智能看作一个机械化运作的数学公理系统,那么根据哥德尔定理,必然存在着某种人类可以构造但机器无法求解的问题,因此人工智能不可能超过人类。另一类观点认为:人脑对信息的处理过程不是一个固定程序,随着机器学习、特别是深度学习取得的成功,使得程序能够以不同的方式、不断地改变自己,真正的人工智能是可能的。



图1-9 希尔伯特

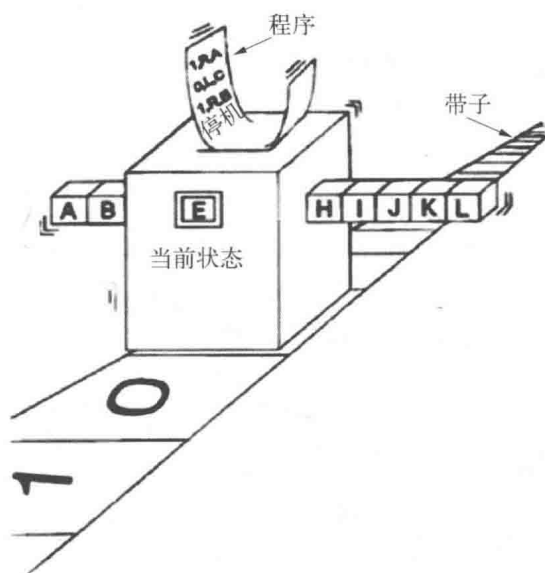


图1-11 图灵机模型