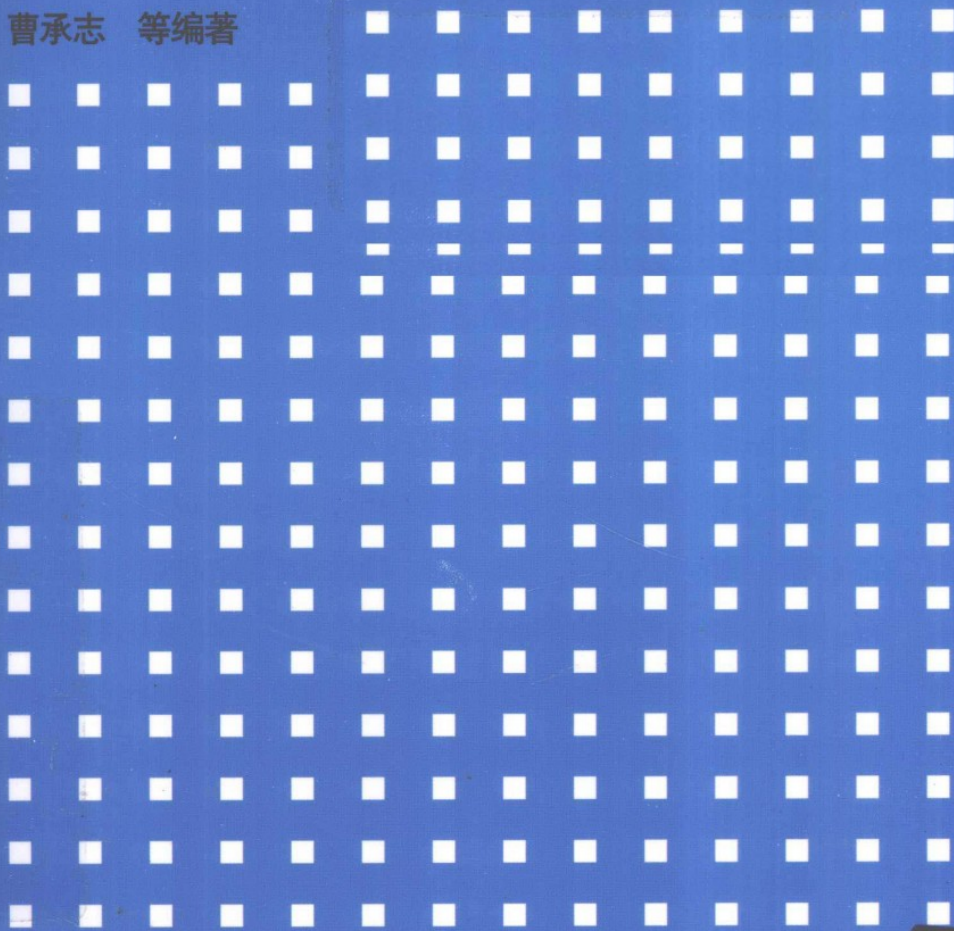


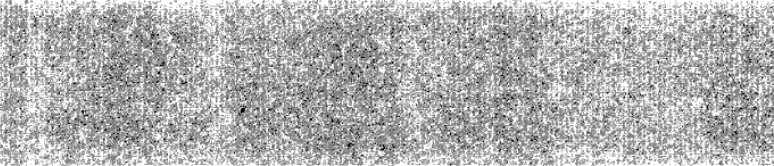
高等学校计算机专业教材精选·计算机原理

人工智能技术

曹承志 等编著



清华大学出版社



高等学校计算机专业教材精选·计算机原理

人工智能技术

曹承志 等编著

杨利 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统介绍了人工智能技术的基本理论和应用技术。全书共9章,主要内容包括:知识表示技术,知识推理技术,模糊逻辑技术,神经网络技术,遗传算法,专家系统,机器学习,群集智能。本书是作者在总结近年来教学和科研成果,学习国内外人工智能技术领域最新技术的基础上编写而成的。全书内容体系新颖,选材具有先进性、系统性和实用性的特点。

本书可作为高等学校计算机科学与技术专业、电子信息工程专业、电工及自动化类专业、机电一体化专业的高年级本科生和研究生的教材,也可供相关专业的工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

人工智能技术 / 曹承志等编著. —北京:清华大学出版社, 2010.8

(高等学校计算机专业教材精选·计算机原理)

ISBN 978-7-302-21835-7

I. ①人… II. ①曹… 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(2010)第033134号

责任编辑:汪汉友

责任校对:时翠兰

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19.75

字 数:473千字

版 次:2010年8月第1版

印 次:2010年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.50元

产品编号:034301-01

出版说明

我国高等学校计算机教育近年来迅猛发展,应用所学计算机知识解决实际问题,已经成为当代大学生的必备能力。

时代的进步与社会的发展对高等学校计算机教育的质量提出了更高、更新的要求。现在,很多高等学校都在积极探索符合自身特点的教学模式,涌现出一大批非常优秀的精品课程。

为了适应社会的需求,满足计算机教育的发展需要,清华大学出版社在进行了大量调查研究的基础上,组织编写了《高等学校计算机专业教材精选》。本套教材从全国各高校的优秀计算机教材中精挑细选了一批很有代表性且特色鲜明的计算机精品教材,把作者们对各自所授计算机课程的独特理解和先进经验推荐给全国师生。

本系列教材特点如下。

(1) 编写目的明确。本套教材主要面向广大高校的计算机专业学生,使学生通过本套教材,学习计算机科学与技术方面的基本理论和基本知识,接受应用计算机解决实际问题的基本训练。

(2) 注重编写理念。本套教材作者群为各高校相应课程的主讲,有一定经验积累,且编写思路清晰,有独特的教学思路和指导思想,其教学经验具有推广价值。本套教材中不乏各类精品课配套教材,并力图努力把不同学校的教学特点反映到每本教材中。

(3) 理论知识与实践相结合。本套教材贯彻从实践中来到实践中去的原则,书中的许多必须掌握的理论都将结合实例来讲,同时注重培养学生分析问题、解决问题的能力,满足社会用人要求。

(4) 易教易用,合理适当。本套教材编写时注意结合教学实际的课时数,把握教材的篇幅。同时,对一些知识点按教育部教学指导委员会的最新精神进行合理取舍与难易控制。

(5) 注重教材的立体化配套。大多数教材都将配套教师用课件、习题及其解答,学生上机实验指导、教学网站等辅助教学资源,方便教学。

随着本套教材陆续出版,我们相信它能够得到广大读者的认可和支持,为我国计算机教材建设及计算机教学水平的提高,为计算机教育事业的发展做出应有的贡献。

清华大学出版社

前 言

人工智能技术是当代科学技术中一个十分活跃和具有挑战性的领域,是一门新兴的交叉学科,有着非常广泛的应用范围。它是传统产业技术改造、研制新型产品特别是智能化产品的急需技术,是培养学生创新能力、增强学生创造能力的支撑技术,是提高劳动生产率的关键技术。为了适应 21 世纪科学技术发展趋势,把体现当代科学技术发展特征的多学科间的知识交叉与渗透的内容及最新成果反映到教材中来,这是现代大学人才培养目标的客观要求。本书正是针对这一需要,在总结近年来教学和科研成果、学习国内外人工智能技术领域中最先进技术的基础上编写而成的。选材注意了体系的综合性、内容的先进性和运用的实用性。

全书共分 9 章。第 1 章概论,包括人工智能、智能工程和智能控制;第 2 章知识表示技术,包括逻辑表示法,语义网络表示法,框架表示法,产生式表示法,状态空间表示法,问题归结法,面向对象表示法;第 3 章知识推理技术,包括推理方式及分类,推理的控制策略,搜索策略;第 4 章模糊逻辑技术,包括模糊逻辑的数学基础,模糊逻辑的推理,模糊控制系统概述,模糊控制器原理,模糊控制器设计基础,双入单出模糊控制器设计;第 5 章神经网络技术,包括神经网络基础,神经网络的结构和学习规则,典型前向网络——BP 网络,典型反馈网络——Hopfield 网络,应用神经网络产生模糊集的隶属函数,神经网络控制原理,单神经元控制的直流调速系统,模糊神经网络;第 6 章遗传算法,包括遗传算法的基本原理,遗传算法的模式理论,遗传算法应用中的一些基本问题,高级遗传算法,基于遗传算法的模糊控制,免疫遗传算法;第 7 章专家系统,包括专家系统的概念,专家系统的结构和工作原理,知识的获取,专家系统的建造与评价,专家系统设计举例,新一代专家系统;第 8 章机器学习,包括机器学习的基本概念,机械学习,指导学习,类比学习,归纳学习,解释学习,知识发现与数据挖掘;第 9 章群集智能,包括群集智能的概述,蚁群算法,粒子群优化算法,人工鱼群算法及应用举例。

本书取材广泛,内容新颖,面向 21 世纪学科前沿,反映了人工智能技术应用发展的新成果,特别是人工智能的综合技术,适应了学科相互渗透、交叉和融合的重要趋势。

本书遵循“宽编窄用”的内容选取原则,以适应不同层次、不同教学时数的需要。在内容的选取上,既强调工程应用,又不完全抛开必要的理论基础,深入浅出,讲清原理,着眼应用,符合教学规律。

本书既可以作为高等学校计算机科学与技术专业、电子信息工程专业、电工及自动化专业、机电一体化专业的高年级本科生或研究生的教材,也可供从事智能技术工作的工程技术人员参考。

本书由沈阳工业大学、南海东软信息技术学院共同组织编写。全书由曹承志教授等编著,由博士杨利教授主审。本书作者的具体分工是,罗先录讲师写了第 1 章、第 4 章,郑海英高级工程师写了第 2 章、第 3 章、第 7 章,张翰涛讲师写了第 6 章,李强讲师写了第 5 章,邓金鹏工程师写了第 8 章,曹承志教授写了第 9 章并对全书作了统稿和完善。路元元、

兆瑞奇、蓝祥为本书文稿作了整理和录入工作。本书在编写过程中,引用了参考文献所列论著和论文的有关部分,在此谨向以上作者表示深切的谢意。

本书在编写过程中,得到了清华大学出版社的大力支持与积极合作,在此表示衷心的感谢。另外,本书的研究工作得到了教育部“春晖计划”合作项目(编号: Z2005-2-11008)、辽宁省自然科学基金(编号: 20032032)和辽宁省教育厅高校科研计划项目(编号: 05L288)、南海东软信息技术学院院立科研基金项目(编号: NN100511)的资助。

由于笔者水平有限,书中难免存在不足,恳请广大读者提出批评和改进意见,以便在构架、内容和细节等方面做得更加完善。

编著者

2010年7月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 人工智能	1
1.1.1 智能.....	1
1.1.2 人工智能的定义.....	1
1.1.3 人工智能的发展简史.....	2
1.1.4 人工智能的目标与表现形式.....	4
1.1.5 人工智能的研究途径.....	5
1.1.6 人工智能的研究领域.....	7
1.2 智能工程	9
1.2.1 智能工程的提出	10
1.2.2 智能工程与人工智能	10
1.2.3 智能制造系统	11
1.3 智能控制.....	11
1.3.1 智能控制的发展概况	11
1.3.2 智能控制系统的基本结构	13
1.3.3 智能控制的结构理论	14
1.3.4 智能控制的特点	16
1.3.5 智能控制研究的数学工具	17
1.3.6 智能控制的主要研究内容	17
习题和思考题	18
第 2 章 知识表示技术	19
2.1 概述.....	19
2.1.1 知识、信息和数据.....	19
2.1.2 知识的特性	19
2.1.3 知识的分类	20
2.1.4 知识的表示	21
2.2 逻辑表示法.....	21
2.2.1 命题逻辑	22
2.2.2 谓词逻辑	25
2.2.3 谓词逻辑表示法的特点	30
2.3 语义网络表示法.....	30
2.3.1 语义网络的概念	30

2.3.2	语义网络表示知识的方法及步骤	31
2.3.3	语义网络中常用的语义联系	33
2.3.4	语义网络表示下的推理过程	34
2.3.5	语义网络表示法的特点	35
2.4	框架表示法	35
2.4.1	框架结构及知识表示	35
2.4.2	基于框架的推理	39
2.4.3	框架表示法的特点	39
2.5	产生式表示法	40
2.5.1	产生式的基本形式	40
2.5.2	产生式系统	40
2.5.3	产生式系统示例	41
2.5.4	产生式表示法的特点	43
2.6	状态空间表示法	43
2.6.1	状态空间表示法的描述	43
2.6.2	状态空间表示法示例	44
2.7	问题归约法	46
2.7.1	问题归约描述	46
2.7.2	与或图表示法	48
2.8	面向对象表示法	50
2.8.1	面向对象的基本概念	51
2.8.2	面向对象的知识表示	52
	习题和思考题	52
第3章	知识推理技术	55
3.1	推理方式及其分类	55
3.1.1	演绎推理、归纳推理、默认推理	55
3.1.2	确定性推理、不确定性推理	57
3.1.3	单调推理、非单调推理	57
3.1.4	定性推理	57
3.2	推理的控制策略	57
3.2.1	正向推理	58
3.2.2	反向推理	59
3.2.3	正反向推理	61
3.3	搜索策略	61
3.3.1	状态空间的一般搜索过程	61
3.3.2	宽度优先搜索策略	63
3.3.3	深度优先搜索策略	64

3.3.4 启发式搜索策略	66
习题和思考题	71
第4章 模糊逻辑技术	73
4.1 模糊逻辑的数学基础	73
4.1.1 模糊集合	73
4.1.2 模糊集合的表示方法	74
4.1.3 模糊集合的运算	75
4.1.4 隶属函数确定方法	76
4.1.5 模糊关系	79
4.2 模糊逻辑的推理	82
4.2.1 模糊命题	82
4.2.2 模糊逻辑	83
4.2.3 模糊语言	84
4.2.4 模糊推理	88
4.3 模糊控制系统概述	93
4.3.1 模糊控制系统的构成	94
4.3.2 模糊控制系统的原理	94
4.4 模糊控制器原理	99
4.5 模糊控制器设计基础	104
4.6 双入单出模糊控制器设计	106
4.6.1 模糊化	107
4.6.2 模糊控制规则、模糊关系的推理	108
4.6.3 清晰化	111
4.6.4 控制表计算程序	111
习题和思考题	112
第5章 神经网络技术	115
5.1 神经网络基础	115
5.1.1 生物神经元结构	115
5.1.2 神经元数学模型	116
5.2 神经网络的结构和学习规则	117
5.2.1 神经网络的结构	117
5.2.2 神经网络的学习	119
5.2.3 神经网络的记忆	120
5.3 典型前向网络——BP 网络	120
5.3.1 感知机	120
5.3.2 BP 网络	121
5.4 典型反馈网络——Hopfield 网络	123

5.4.1	离散型 Hopfield 网络	124
5.4.2	连续型 Hopfield 网络	125
5.5	应用神经网络产生模糊集的隶属函数	126
5.6	神经网络控制原理	130
5.6.1	神经网络控制的基本思想	130
5.6.2	神经网络在控制中的作用	131
5.7	神经网络在工程中的应用	131
5.7.1	基于神经网络的系统辨识	131
5.7.2	基于神经网络的自适应控制	133
5.8	单神经元控制的直流调速系统	136
5.8.1	系统组成	136
5.8.2	单神经元控制器及其学习算法设计	136
5.8.3	单神经元直流调速系统参数设计	137
5.9	模糊神经网络	138
5.9.1	模糊系统的标准模型	138
5.9.2	模糊神经网络的结构	139
5.9.3	学习算法	141
5.9.4	应用模糊神经网络在线检测参数	143
	习题和思考题	145
第 6 章	遗传算法	148
6.1	遗传算法的基本原理	148
6.1.1	遗传算法的基本遗传学基础	148
6.1.2	遗传算法的原理和特点	148
6.1.3	遗传算法的基本操作	149
6.2	遗传算法的模式理论	154
6.2.1	模式	154
6.2.2	复制对模式的影响	155
6.2.3	交叉对模式的影响	156
6.2.4	变异对模式的影响	157
6.2.5	遗传算法有效处理的模式数量	158
6.3	遗传算法应用中的一些基本问题	159
6.3.1	目标函数值到适值形式的映射	159
6.3.2	适值的调整	160
6.3.3	编码原则	161
6.3.4	多参数级联定点映射编码	162
6.4	高级遗传算法	163
6.4.1	改进的复制方法	164
6.4.2	高级 GA 算法	165

6.5	基于遗传算法的模糊控制	167
6.6	免疫遗传算法	170
6.6.1	免疫遗传算法的基本概念	170
6.6.2	免疫算子的机理与构造	172
6.6.3	TSP 问题的免疫遗传算法	174
	习题和思考题	175
第 7 章	专家系统	176
7.1	专家系统的概念	176
7.1.1	什么是专家系统	176
7.1.2	专家系统的产生和发展	176
7.1.3	专家系统的特点	177
7.1.4	专家系统的类型	178
7.1.5	专家系统与知识系统	178
7.1.6	专家系统与知识工程	179
7.2	专家系统的结构与工作原理	179
7.2.1	专家系统的一般结构	179
7.2.2	专家系统的工作原理	179
7.3	知识的获取	181
7.3.1	知识获取的方式	182
7.3.2	知识获取的步骤	183
7.4	专家系统的建造与评价	184
7.4.1	专家系统的建造原则	184
7.4.2	专家系统的建造步骤	185
7.4.3	专家系统的评价	186
7.5	专家系统设计举例	188
7.5.1	动物识别系统	188
7.5.2	专家生产指导系统	189
7.6	专家控制系统	198
7.6.1	专家控制系统的工作原理	199
7.6.2	专家控制系统的类型	203
7.6.3	直接专家控制系统	203
7.6.4	间接专家控制系统	207
7.6.5	实时专家控制系统	211
7.7	新一代的专家系统	217
7.7.1	深层知识专家系统	218
7.7.2	模糊专家系统	218
7.7.3	神经网络专家系统	218
7.7.4	大型协同分布式专家系统	219

7.7.5 网上专家系统·····	219
习题和思考题·····	219
第8章 机器学习 ·····	221
8.1 机器学习的基本概念·····	221
8.1.1 什么是机器学习·····	221
8.1.2 学习系统·····	222
8.1.3 机器学习的主要策略·····	222
8.1.4 机器学习系统的基本结构·····	223
8.2 机械学习·····	224
8.2.1 机械学习的模式·····	224
8.2.2 机械学习的主要问题·····	225
8.3 指导学习·····	225
8.4 类比学习·····	226
8.4.1 类比推理·····	226
8.4.2 属性类比学习·····	227
8.4.3 转换类比学习·····	228
8.5 归纳学习·····	229
8.5.1 实例学习·····	229
8.5.2 观察与发现学习·····	234
8.6 解释学习·····	234
8.6.1 解释学习的概念·····	235
8.6.2 解释学习的过程·····	235
8.6.3 解释学习的例子·····	236
8.6.4 领域知识的完善性·····	236
8.7 知识发现与数据挖掘·····	237
8.7.1 知识发现·····	238
8.7.2 数据挖掘概述·····	239
8.7.3 数据挖掘技术简介·····	241
8.8 学习控制系统·····	246
8.8.1 基于模式识别的学习控制·····	247
8.8.2 反复学习控制·····	247
8.8.3 自学习控制系统·····	249
习题和思考题·····	250
第9章 群集智能 ·····	251
9.1 群集智能概述·····	251
9.1.1 群集智能的基本概念·····	252
9.1.2 群集智能研究方法的主要优缺点·····	254

9.1.3	群集智能的底层机制·····	255
9.1.4	群集智能不同算法的比较·····	255
9.2	蚁群算法·····	257
9.2.1	蚁群算法的生物原型·····	257
9.2.2	基本蚁群算法的原理·····	259
9.2.3	蚁群优化算法的特点及收敛性·····	260
9.2.4	基本蚁群算法的数学模型·····	261
9.2.5	蚁群算法的参数设置·····	262
9.2.6	改进的蚁群算法·····	263
9.3	粒子群优化算法·····	269
9.3.1	粒子群优化算法的生物原型·····	269
9.3.2	标准粒子群优化算法·····	270
9.3.3	改进粒子群优化算法·····	270
9.3.4	改进粒子群算法对 BP 神经网络的优化·····	272
9.4	人工鱼群算法·····	274
9.4.1	人工鱼群算法的来源·····	274
9.4.2	基本人工鱼群算法·····	277
9.4.3	改进人工鱼群算法·····	283
9.4.4	改进人工鱼群算法优化 BP 神经网络·····	284
9.4.5	改进人工鱼群算法优化 BP 神经网络的在线运行·····	290
	习题和思考题·····	291
	参考文献 ·····	293

第 1 章 概 论

人工智能技术是一个新兴的学科领域。它是在计算机科学、控制论、信息学、神经心理学、哲学、语言学等多种学科研究的基础上发展起来的一门综合性的边缘学科。下面将讨论人工智能技术的基本概念,以便对人工智能技术的研究对象及研究领域进行简要的讨论。

1.1 人工 智 能

1.1.1 智能

智能是人们在认识与改造客观世界的活动中,由思维过程和脑力劳动所体现的能力,即系统能灵活地、有效地、创造性地进行信息获取、信息处理、信息利用的能力。智能的核心在于知识,包括感性知识与理性知识、先验知识与理论知识,因此智能也可表达为知识获取能力、知识处理能力和知识适用能力。智能所具有的特征如下。

1. 具有感知能力

感知能力是指人们通过感觉器官感知外部世界的能力。感知是人类最基本的生理和心理现象,是获取外部信息的基本途径。据有关研究,大约 80% 以上的外部信息是通过视觉得到的,有 10% 是通过听觉得到的,这表明视觉和听觉在人类感知中占有主导地位。

2. 具有记忆和思维的能力

记忆和思维是人们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、联想和决策等。人的记忆与思维密不可分,其物质基础都是由神经元组成的大脑皮层,通过相关神经元此起彼伏的兴奋与抑制来实现记忆与思维活动。

3. 具有学习能力和自适应能力

学习是人的本能,它既有可能是自觉的、有意识的,也有可能是不自觉的、无意识的;既可以是教师指导的,也可以是通过实践获得的。每个人都在通过与环境的相互作用,不断地进行学习,并通过学习积累知识、增长才干,适应环境的变化,充实完善自己。只是由于个人所处的环境不同,条件不同,学习效果亦不相同,体现出不同的智力差异。

4. 具有行为能力

人们通常用语言或某个表情、眼神及形体动作来对外界的刺激作出反应,传达某个信息,这称为行为能力或表达能力。若把人们的感知能力看做是信息的输入,则行为能力就是信息的输出,它们都受到神经系统的控制。

1.1.2 人工智能的定义

大家知道,世界国际象棋棋王卡斯帕罗夫与美国 IBM 的超级计算机“深蓝”系统于

1997年进行了6局的“人机大战”，结果“深蓝”以3.5比2.5的总比分战胜卡斯帕罗夫。其实，早在1958年，IBM推出的取名为“思考”的IBM 704就成为第一台与人类进行国际象棋对抗的计算机，尽管“思考”在人类棋手面前被打得丢盔弃甲，但却拉开了“人机大战”的序幕。最近的一次人机对抗大战是在2002年1月举行的，卡斯帕罗夫与超级计算机“更年少者”双方3比3战平。无论是综合棋力、与超级计算机较量的经验还是求胜的欲望，卡斯帕罗夫都是当时世界战胜超级计算机的第一人选，没有取胜的结局预示着在国际象棋领域，人类挑战计算机变得越来越难，但人类仍然会勇敢地向计算机发出新的挑战。

下棋的确是一个斗智、斗策的智力运动，棋手不但要有超凡的记忆能力和丰富的下棋经验，而且还需要很强的思维能力、面对瞬息万变的局势作出快速有效处理的能力。这对人类来说的确是一种智能的表现。

从工程角度来说，人工智能就是要用人工的方法使机器具有与人类智慧有关的功能，如判断、推理、证明、感知、理解、思考、识别、规划、设计、学习和问题求解等思维活动。它是人类智慧在机器上的实现。

计算机本身就是人类智慧的结晶，它的运算能力和存储记忆能力早就超过了人类。“深蓝”可以每秒分析两三亿步棋，可以存储几千场棋赛的资料，而下棋的本质是一种推理性计算，它是计算机的“强项”，因此，人类输棋不过是早晚的事。尽管如此，“深蓝”仍然不是一台智能计算机，就连开发该计算机系统的IBM专家也承认它离智能计算机还相差甚远，但毕竟它以自己高速并行的计算能力(2×10^8 步/s棋的计算速度)实现了人类智能在机器上的部分模拟，从而在人工智能的研究道路上迈出了可喜的一步。

1.1.3 人工智能的发展简史

人工智能作为一门新兴学科的名称正式提出以来，已成为人类科学技术中一门充满生机和希望的前沿学科。回顾它的发展历程，可归结为孕育、形成和发展3个阶段。

1. 孕育(1956年之前)

从公元前伟大的哲学家亚里士多德(Aristoteles)到16世纪英国哲学家培根(F. Bacon)，他们提出的形式逻辑的三段论、归纳法以及“知识就是力量”的警句，都对研究人类的思维过程和自20世纪70年代人工智能转向以知识为中心的研究产生了重要的影响。

德国数学家莱布尼兹(G. Leibniz)提出了万能符号和推理计算思想，该思想不仅为数理逻辑的产生和发展奠定了基础，而且是现代机器思维设计思想的萌芽。英国逻辑学家布尔(G. Boole)创立的布尔代数，首次用符号语言描述了思维活动的基本推理法则。

20世纪30年代迅速发展的数学逻辑和关于计算的新思想，使人们在计算机出现之前，就建立了计算与智能关系的概念，被誉为人工智能之父的英国天才数学家图灵(A. Turing)在1936年提出了一种理想计算机的数学模型。1950年图灵又发表了“计算机与智能”的论文，提出了著名的“图灵测试”，形象地指出什么是人工智能以及机器具有智能的标准，对人工智能的发展产生了极其深远的影响。

美国神经生理学家麦克洛奇(W. McCulloch)与匹兹(W. Pitts)在1943年建成了第一个神经网络模型，开创了微观人工智能的研究工作，为后来人工神经网络的研究奠定了基础。

美国数学家莫克利(J. W. Mauchly)和埃柯特(J. P. Eckert)在1946年研制出世界上第一台电子数字计算机ENIAC，这项划时代的研究成果为人工智能的研究奠定了物质基础。

2. 形成(1956年—1969年)

1956年夏季,由麻省理工学院的麦卡锡(J. McCarthy)与明斯基(M. L. Minsky)、IBM公司信息研究中的洛切斯特(N. Lochester)、贝尔实验室的香农(C. E. Shannon)共同发起,邀请IBM公司的莫尔(T. More)和塞缪尔(A. L. Samuel)、麻省理工学院的塞尔夫里奇(O. Selfridge)和所罗门夫(R. Solomonff)以及兰德公司和卡内基-梅隆大学的纽厄尔(A. Newell)、西蒙(H. A. Simon)等10人在达特莫斯(Dartmouth)大学召开了一次历时两个月的机器智能的研讨会,会上正式采用了“人工智能”这一术语,用它来代表有关机器智能这一研究方向,标志着人工智能作为一门新型学科의正式诞生。

在机器学习方面,塞缪尔于1956年研制了能自学习的跳棋程序,1959年它击败了塞缪尔本人,1962年又击败了一个州的冠军。

在定理证明方面,美籍华人数学家王浩于1958年在计算机上仅用了3~5分钟就证明了《数学原理》中有关命题演算的全部220个定理;1965年鲁滨逊(Robinson)提出了消解原理,为定理的机器证明做出了突破性的贡献。

在问题求解方面,1960年纽厄尔等人在心理学实验的基础上,总结了人们求解问题的思维规律,编制了一种不依赖具体领域的通用问题求解程序GPS,可以用来求解11种不同类型的问题。

在专家系统方面,1965年至1968年间,美国斯坦福大学的费根鲍姆(E. A. Feigenbaum)领导的研究小组开展了DENDRAL专家系统的研究,该专家系统能根据质谱仪的实验,通过分析推理决定化合物的分子结构,其能力相当于化学专家的水平。

在这一时期发生的一个重大事件是1969年成立了国际人工智能联合会议(International Joint Conferences on Artificial Intelligence, IJCAI),它标志着人工智能这门新兴学科已得到了世界范围的公认。

3. 发展(1970年以后)

进入20世纪70年代以后,许多国家都相继开展了这方面的研究工作,其研究成果大量涌现。正当研究者在已有成就的基础上向更高目标攀登的时候,困难与问题也接踵而来。塞缪尔的下棋程序当了州级冠军之后,与世界冠军对弈时就从没有赢过。最有希望出实质性成果的自然语言翻译也出了不少问题,当时人们总以为只要用一部双向词典及一些语法知识就可以实现两种语言文字的互译,结果发现机器翻译闹出了不少笑话。例如,当把“光阴似箭”的英语句子“Times flies like an arrow”翻译成日语,然后再翻译回来的时候,竟变成了“苍蝇喜欢箭”;当把“心有余而力不足”的英语句子“The spirit is willing but the flesh is weak”翻译成俄语,然后再翻译回来的时候,竟变成了“The wine is good but the meat is spoiled”,即“酒是好的,但肉变质了”。在其他方面,如问题求解、神经网络、机器学习等也多遇到了这样或那样的困难,使人工智能的研究一时陷入了山穷水尽的困境。然而,人工智能研究的先驱者们经过认真的反思,总结前一阶段的经验和教训,加之费根鲍姆关于以知识为中心开展人工智能的研究,使之又迎来了柳暗花明的蓬勃发展的新时期。

自人工智能从对一般思维规律的探讨转向以知识为中心的研究以来,一大批专家系统如雨后春笋般涌现出来,例如地矿勘探专家系统PROSPECTOR、感染性疾病诊治专家系统MYC-IN、内科诊断专家系统CADUCEUS以及信用卡认证辅助决策系统American Express等,它们产生了巨大的效益,令人刮目相看。专家系统的成功,使人们清楚地认识

到对人工智能的研究必须以知识为中心来进行。由于对知识的表示、利用、获取等方面的研究取得较大进展,特别是对不确定性知识的表示与推理取得了突破,建立了诸如主观 Babys 理论、确定性理论、证据理论、可靠性理论等,这就对人工智能中其他领域(如模式识别、自然语言理解等)的发展提供了支持,解决了许多理论及技术上的问题。在这一时期内,费根鲍姆在 1977 年第五届国际人工智能联合会议上提出了“知识工程”的概念,对以知识为基础的智能系统的研究与建设起到了重要推动作用。

但是到 20 世纪 80 年代中期,人工智能的深入研究遇到了当时人工智能技术所不能解决的两个带有根本性的问题:一是所谓的交互(interaction)问题,即传统方法只能模拟人类深思熟虑的行为,而不包括人与环境的交互行为;二是所谓的扩展(scaling up)问题,即传统人工智能方法只能适合于建立领域狭窄的专家系统,不能把这种方法简单地推广到规模更大、领域更宽的复杂系统中去。由此使人工智能研究再一次陷入了低谷。顽强的人工智能学者在低谷中再一次反思。20 世纪 80 年代中期到 90 年代初麻省理工学院的行为主义学派的代表布鲁克斯(R. Brooks)认为智能取决于感知和行动,他们研制成功的机器虫应付复杂环境的能力超过了现有的许多机器人,成为解决所谓“交互”问题的重要希望,而反馈机制的引进和神经网络的再崛起,也为解决“交互”问题提供了重要方法。20 世纪 90 年代人工智能学者提出的综合集成(metasynthesis)和智能体(agent)概念为解决所谓“扩展”问题开辟了新的道路。以钱学森、戴汝为院士代表的我国学者,从社会经济学系统、人体系统等复杂系统中提炼出开放复杂巨型智能系统的概念,并提出从定性到定量的综合集成方法,引起了国际学者的广泛关注,中国科学家正在为人工智能的发展作出应有的贡献。

回顾人工智能短短几十年的螺旋式向前发展的历程,已取得的大量研究成果,已经向世人展示了极其光明的前景,虽然在通向最终目标的道路上,还会有不少困难、问题和挑战,但前进和发展毕竟是大势所趋。

1.1.4 人工智能的目标与表现形式

人工智能研究的目标是构造可实现人类智能的智能计算机或智能系统。它们都是为了“使得计算机有智能”,为了实现这一目标,就必须开展“使智能成为可能的原理”的研究。

人工智能的研究目标可分为近期目标和远期目标。人工智能的近期目标是实现机器智能即先部分地或某种程度地实现机器的智能,从而使现有的计算机更灵活、更好用和更有用,成为人类的智能化信息处理工具。而人工智能的远期目标是要制造智能机器。具体讲,就是要使计算机具有看、听、说、写等感知和交互功能,具有联想、推理、理解、学习等高级思维能力,还要有分析问题、解决问题和发明创造的能力。简言之,也就是使计算机像人一样具有自动发现规律和利用规律的能力,或者说具有自动获取知识和利用知识的能力,从而扩展和延伸人的智能。

人工智能研究的远期目标与近期目标是相辅相成的。近期目标的研究成果为远期目标的实现奠定了基础,作了理论及技术上的准备,远期目标为近期目标指明了方向。随着人工智能研究的不断深入、发展,近期目标将不断变化,逐步向远期目标靠近,近年来在人工智能各个领域中所取得的成就充分说明了这一点。

至于人工智能的表现形式实际上也就是它的应用形式,主要包括以下几种:

(1) 智能软件。它的范围比较广泛,例如:它可以是一个完整的智能软件系统,如专家