

高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材

人工智能及应用

鲁斌 刘丽 李继荣 姜丽梅 编著



清华大学出版社

高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材

人工智能及应用

鲁斌 刘丽 李继荣 姜丽梅 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统介绍人工智能的基本原理、方法和应用技术,全面地反映了国内外人工智能研究领域的进展和热点。全书共 11 章,主要包括人工智能的基本概念、知识表示技术、搜索策略、逻辑推理技术、不确定性推理方法、专家系统、机器学习、模式识别、Agent 和多 Agent 系统、人工智能程序设计语言以及人工智能在电力系统中的应用。内容由浅入深、循序渐进,条理清晰,各章均有大量的例题和习题,便于读者掌握和巩固所学知识,使其具备应用人工智能技术解决实际问题的能力。

本书可用作高等学校计算机类和电气信息类相关专业高年级本科生和研究生的教材或教学参考书,也可供其他教学、研究、设计和技术开发人员参考。

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

人工智能及应用/鲁斌等编著. —北京:清华大学出版社,2017

(高等学校计算机类国家级特色专业系列规划教材)

ISBN 978-7-302-45033-7

I. ①人… II. ①鲁… III. ①人工智能—应用—高等学校—教材 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 218482 号

责任编辑:汪汉友 赵晓宁

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:26.5

字 数:643 千字

版 次:2017 年 5 月第 1 版

印 次:2017 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~1500

定 价:59.50 元

产品编号:065920-01

前 言

作为世界三大尖端技术之一,人工智能(Artificial Intelligent)自1956年诞生之日起,就成为科学发展史上一颗令人瞩目的新星,吸引着无数科学工作者从事相关的研究与创造。

人工智能是一门新理论、新技术、新方法和新思想不断涌现的前沿交叉学科,与计算机科学、控制论、信息论、神经生理学、哲学、语言学等密切相关,研究领域除了经典的知识表示、启发式搜索理论、推理技术、人工智能系统和语言之外,还涉及专家系统、自然语言理解、机器学习、博弈、机器人学、模式识别、智能检索、自动程序设计、数据挖掘、计算机视觉、分布式人工智能、人工神经网络、智能控制、智能决策支持系统、智能电网等领域,相关研究成果也已广泛应用到生产、生活的各个方面。

我们所处的时代是知识爆炸的时代,各种海量信息充斥着世界各个角落,而仅仅依靠人类自身,很难实现对这些信息的有效处理。人工智能作为一门研究和制造智能机器或智能系统的学科,目标在于模拟和延展人类的智能,这与当今时代发展的需求是不谋而合的。因此,培养更多高水平的人工智能技术人才迫在眉睫。

本书是一本综合、全面、实用的教材,反映了作者多年来的教学思路和经验,具有内容全面、重点突出、层次分明、特色鲜明等特点,具体体现在以下各方面。

(1) 内容全面。本书详细介绍了人工智能研究中的经典理论和方法,而且对专家系统、机器学习、模式识别、分布式人工智能等也有较为全面的概括和说明,有利于帮助相关读者充分掌握人工智能的基本理论,并为其后续深入研究奠定扎实基础。

(2) 重点突出。本书定位为人工智能的入门级教材,因此重点放在启发式搜索、推理、知识表示、人工智能系统和语言等经典理论、方法和技术,并对如模式识别、多智能体、机器学习等发展相对成熟的人工智能热点和重点研究领域有较为全面的介绍和说明,有助于读者循序渐进地了解这门学科。

(3) 层次分明。本书在章节安排上结合了智能系统构建的过程,首先介绍知识表示技术和方法,然后引入各种搜索技术、推理技术和其他研究热点,最后通过实例对人工智能的应用详细说明,层次分明,有利于帮助读者理解这一学科的发展研究初衷。

(4) 特色鲜明。电力行业是关系国计民生的基础性行业,随着电力市场化以及电网建设的进一步发展,人工智能相关技术对电力信息化、智能化发展的重要促进作用也逐步凸现,编者结合自身的研究工作,对近年人工智能在电力系统中的应用进行了介绍,特色鲜明,尤其适合具有“大电力”研究背景的读者。

读完本书并且亲自动手实践了书中的人工智能程序之后,读者将能够做到以下几点。

(1) 熟悉人工智能的发展概况、研究内容和应用领域等,对人工智能这个学科有较为全面和深入地理解。

(2) 扎实地掌握人工智能的基础理论、基本原理和经典算法等,具备运用基本人工智能方法解决实际问题的能力。

(3) 熟悉人工智能的研究热点和最新成果,了解应用人工智能技术解决实际问题的基

本思路,掌握一定的人工智能新技术和新方法,能很快地开展相关领域的深入研究。

本书共 11 章,在内容安排上可以划分为三大部分。第一部分详细介绍了人工智能的核心研究课题,第二部分阐述了一些人工智能的基本技术和方法,第三部分介绍了人工智能在实际生产生活中,尤其是在电力行业中的应用,内容编排体现了人工智能这一学科的发展脉络。第 1 章为绪论,介绍了人工智能的基本概念、发展历史、研究目标、研究途径以及研究领域等。第 2 章为知识表示,讨论了人工智能的典型知识表示技术,以及基于这些知识表示技术的推理方法等。第 3 章为搜索策略,主要讨论状态空间图的盲目搜索、启发式搜索、与/或图搜索和博弈树搜索等。第 4 章为逻辑推理,对命题逻辑、谓词逻辑、非单调逻辑、多值逻辑和模糊逻辑及其推理技术作了介绍,重点给出了归结原理的基本原理和应用方法。第 5 章为不确定性推理,讨论了确定性理论、主观 Bayes 方法、证据理论、贝叶斯网络、模糊推理等不确定性推理技术。第 6 章为专家系统,给出了专家系统构建的基本原理、方法和实例。第 7 章为机器学习,讨论了有关机器学习的基本概念,以及一些重要的机器学习方法,主要包括决策树学习、变型空间学习、基于解释的学习、人工神经网络和进化计算等。第 8 章为模式识别,主要介绍统计模式识别方法,并对其他模式识别技术如结构模式识别方法、模糊模式识别方法、神经网络识别方法加以概述。第 9 章为 Agent 和多 Agent 系统,从分布式人工智能的概念出发,介绍 Agent 基本理论、多 Agent 系统的体系结构、通信机制以及协调协作机制,为分布式系统的分析、设计、实现和应用提供解决方法。第 10 章为人工智能程序设计语言,对人工智能程序设计语言的研究发展进行了概述,并详细讨论了 LISP 和 PROLOG 两种程序设计语言。第 11 章为人工智能在电力系统中的应用,给出了人工智能在电力系统故障诊断、电力巡检和电力大数据分析中的应用实例。

本书参编人员包括鲁斌、刘丽、李继荣和姜丽梅。在本书编写过程中参阅了国内外大量的文献资料,在此谨向这些文献的作者表示由衷的敬意和感谢。

由于编者水平有限,尤其是人工智能这门学科发展很快,不断有新的技术和方法涌现,书中难免有不足之处,恳请广大读者批评指正。

本书可用作高等学校计算机类和电气信息类相关专业高年级本科生和研究生的教材或教学参考书,也可供其他教学、研究、设计和技术开发人员参考。

编 者

2017 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 人工智能的基本概念	1
1.1.1 智能的概念	1
1.1.2 现代人工智能的兴起	3
1.1.3 人工智能的定义	3
1.1.4 其他相关的概念	4
1.1.5 图灵测试和中文房间问题	5
1.2 人工智能的发展历程	9
1.2.1 孕育期(1956 年之前)	9
1.2.2 形成期(1956—1969 年)	10
1.2.3 发展期(1970 年之后)	11
1.3 人工智能的研究目标	13
1.4 人工智能的学术流派	14
1.4.1 符号主义、连接主义与行为主义	14
1.4.2 传统人工智能与现场人工智能	15
1.4.3 弱人工智能与强人工智能	16
1.4.4 简约与粗陋	16
1.5 人工智能的研究和应用领域	17
1.5.1 专家系统	18
1.5.2 自然语言理解	19
1.5.3 机器学习	20
1.5.4 分布式人工智能	20
1.5.5 人工神经网络	21
1.5.6 自动定理证明	22
1.5.7 博弈	23
1.5.8 机器人学	23
1.5.9 模式识别	24
1.5.10 自动程序设计	24
1.5.11 智能控制	25
1.5.12 智能决策支持系统	25
1.5.13 智能电网	26
本章小结	26
习题	27

第 2 章 知识表示	28
2.1 概述	28
2.1.1 知识概述	28
2.1.2 知识的性质	29
2.1.3 知识的分类	30
2.1.4 知识表示	32
2.1.5 知识表示观	33
2.2 一阶谓词逻辑表示法	36
2.2.1 一阶谓词逻辑表示法的逻辑基础	36
2.2.2 一阶谓词逻辑表示知识的步骤	38
2.2.3 一阶谓词逻辑表示法的特点	40
2.3 产生式表示法	41
2.3.1 产生式表示的方法	42
2.3.2 产生式系统的基本结构	43
2.3.3 产生式系统的推理方式	45
2.3.4 产生式表示法的特点	48
2.4 语义网络表示法	48
2.4.1 语义基元	48
2.4.2 基本语义关系	49
2.4.3 关系的表示	51
2.4.4 情况、动作和事件的表示	53
2.4.5 谓词连接词的表示	53
2.4.6 量词的表示	54
2.4.7 基于语义网络的推理	55
2.4.8 语义网络表示法的特点	57
2.5 框架表示法	57
2.5.1 框架的一般结构	58
2.5.2 框架系统	61
2.5.3 基于框架的推理	61
2.5.4 框架表示法的特点	63
2.6 脚本表示法	63
2.6.1 概念依赖理论	63
2.6.2 脚本表示方法	64
2.6.3 脚本表示法的特点	66
2.7 过程表示法	66
2.7.1 陈述性知识表示与过程性知识表示	66
2.7.2 过程知识表示方法	67
2.7.3 过程表示的问题求解过程	67
2.7.4 过程表示的特点	68

2.8 Petri 网表示法	69
2.8.1 表示知识的方法	69
2.8.2 Petri 网表示法的特点	71
本章小结	72
习题	72
 第3章 搜索策略	74
3.1 概述	74
3.1.1 搜索概述	74
3.1.2 搜索的主要过程	75
3.1.3 搜索策略的分类	75
3.1.4 搜索的方向	75
3.1.5 主要的搜索策略	76
3.2 状态空间知识表示方法	76
3.2.1 状态空间表示法	77
3.2.2 状态空间图	79
3.3 状态空间的盲目搜索	81
3.3.1 回溯策略	82
3.3.2 一般的图搜索策略	88
3.3.3 深度优先搜索策略	92
3.3.4 宽度优先搜索策略	95
3.4 状态空间的启发式搜索	98
3.4.1 启发性信息与评价函数	99
3.4.2 A 算法	101
3.4.3 分支界限法	104
3.4.4 动态规划法	107
3.4.5 爬山法	108
3.4.6 A* 算法	109
3.5 与/或图搜索	117
3.5.1 与/或图表示法	117
3.5.2 与/或图的搜索策略	121
3.5.3 与/或树的搜索策略	125
3.6 博弈树搜索	131
3.6.1 博弈概述	131
3.6.2 Grundy 博弈	132
3.6.3 极大极小搜索法	133
3.6.4 α - β 剪枝方法	134
本章小结	136
习题	137

第4章 逻辑推理	140
4.1 概述	140
4.1.1 推理和推理方法	140
4.1.2 推理控制策略	140
4.1.3 经典逻辑推理	141
4.2 命题逻辑	142
4.2.1 命题公式的解释	143
4.2.2 等价式	143
4.2.3 范式	144
4.2.4 命题逻辑的推理规则	145
4.2.5 命题逻辑的归结方法	147
4.3 谓词逻辑	151
4.3.1 谓词公式的解释	151
4.3.2 谓词等价公式与范式	152
4.3.3 谓词逻辑的推理规则	155
4.3.4 谓词逻辑的归结方法	156
4.4 非单调逻辑	164
4.4.1 非单调推理	164
4.4.2 封闭世界假设、限制和最小模型	165
4.4.3 默认逻辑	167
4.4.4 溯因推理	168
4.4.5 真值维护系统	169
4.5 多值逻辑和模糊逻辑	170
本章小结	172
习题	172
第5章 不确定性推理	175
5.1 概述	175
5.1.1 不确定性推理概述	175
5.1.2 不确定性的表现	176
5.1.3 不确定性推理要解决的基本问题	177
5.1.4 不确定性推理方法的分类	179
5.2 确定性理论	179
5.2.1 可信度的基本概念	180
5.2.2 表示问题	180
5.2.3 计算问题	183
5.2.4 带有阈值限度的不确定性推理	185
5.2.5 带有权重的不确定性推理	187
5.2.6 确定性理论的特点	188

5.3	主观 Bayes 方法	188
5.3.1	证据不确定性的表示	188
5.3.2	知识不确定性的表示	189
5.3.3	组合证据的不确定性	191
5.3.4	结论不确定性的更新	192
5.3.5	结论不确定性的合成	193
5.3.6	主观 Bayes 方法的特点	195
5.4	证据理论	195
5.4.1	D-S 理论	195
5.4.2	一个特殊的概率分配函数	200
5.4.3	表示问题	203
5.4.4	计算问题	203
5.4.5	证据理论的特点	206
5.5	贝叶斯网络	206
5.5.1	贝叶斯网络概述	207
5.5.2	基于贝叶斯网络的不确定性知识表示	208
5.5.3	基于贝叶斯网络的推理模式	209
5.5.4	基于贝叶斯网络的不确定性推理的特点	211
5.6	模糊推理	211
5.6.1	模糊理论的基本概念	212
5.6.2	表示问题	218
5.6.3	计算问题	219
5.6.4	模糊推理的特点	226
本章小结		226
习题		227
第 6 章 专家系统		229
6.1	概述	229
6.1.1	专家系统发展历程	229
6.1.2	专家系统特点	230
6.1.3	专家系统的类型	231
6.1.4	新型专家系统	233
6.2	专家系统结构	234
6.3	专家系统设计	237
6.3.1	专家系统的设计步骤	237
6.3.2	知识获取	239
6.3.3	知识库设计和知识管理	241
6.3.4	推理机设计	243
6.3.5	解释功能设计	244

6.3.6	系统结构设计	245
6.3.7	专家系统的评价	245
6.4	专家系统应用案例	246
6.4.1	动物识别专家系统	246
6.4.2	PROSPECTOR 系统	249
6.5	开发工具与环境	251
6.5.1	程序设计语言	252
6.5.2	骨架系统	252
6.5.3	知识表示语言	253
6.5.4	辅助型工具	254
6.5.5	专家系统开发环境	254
	本章小结	255
	习题	255
第 7 章	机器学习	256
7.1	概述	256
7.1.1	机器学习的定义	256
7.1.2	机器学习的发展	257
7.1.3	机器学习分类	259
7.1.4	归纳学习	260
7.2	决策树学习	261
7.2.1	决策树	261
7.2.2	决策树构造算法	263
7.2.3	决策树的归纳偏置	264
7.3	变型空间学习	266
7.3.1	泛化和特化	266
7.3.2	候选删除算法	268
7.4	基于解释的学习	271
7.4.1	基本概念	271
7.4.2	基于解释的学习方法	272
7.5	人工神经网络	274
7.5.1	基本概念	275
7.5.2	感知器	280
7.5.3	多层神经网络	282
7.5.4	Hopfield 神经网络	287
7.5.5	双向相关记忆	290
7.5.6	自组织神经网络	293
7.6	进化计算	298
7.6.1	模拟自然进化	298

7.6.2	遗传算法	299
7.6.3	进化策略	304
7.6.4	遗传编程	305
本章小结		307
习题		308
第 8 章 模式识别		310
8.1	概述	310
8.1.1	模式识别的发展与应用	310
8.1.2	模式识别系统	311
8.1.3	模式识别方法	314
8.1.4	模式识别实例	317
8.2	线性分类器	319
8.2.1	感知器准则	320
8.2.2	最小均方误差	320
8.2.3	Fisher 准则	321
8.2.4	支持向量机	323
8.3	贝叶斯决策理论	327
8.3.1	最小错误贝叶斯决策规则	327
8.3.2	最小风险贝叶斯决策规则	328
8.3.3	正态分布的贝叶斯分类	329
8.3.4	密度估计的参数法	330
8.3.5	密度估计的非参数法	331
8.4	聚类分析	333
8.4.1	动态聚类法	333
8.4.2	层次聚类法	334
本章小结		335
习题		336
第 9 章 Agent 和多 Agent 系统		337
9.1	概述	337
9.2	Agent 理论	339
9.2.1	Agent 的基本概念	339
9.2.2	Agent 的特性	340
9.2.3	Agent 的内部结构	341
9.2.4	Agent 类型	344
9.2.5	Agent 的实现工具	345
9.3	多 Agent 系统	346
9.3.1	多 Agent 的结构模型	346

9.3.2 通信方式	348
9.3.3 通信语言	349
9.3.4 协调与协作	350
9.4 MAS 的应用案例	354
9.5 Agent 技术应用	355
本章小结	357
习题	357
第 10 章 人工智能程序设计语言	358
10.1 概述	358
10.1.1 LISP 语言简介	358
10.1.2 PROLOG 语言简介	359
10.2 表处理语言 LISP	359
10.2.1 LISP 的基本元素	360
10.2.2 LISP 的运行机制	360
10.2.3 LISP 的基本函数	361
10.2.4 LISP 的表处理	364
10.2.5 LISP 的应用实例	369
10.3 逻辑程序设计语言 PROLOG	373
10.3.1 Horn 子句	373
10.3.2 PROLOG 程序的语句	374
10.3.3 PROLOG 的推理机制	374
10.3.4 PROLOG 的表结构	376
10.3.5 PROLOG 的应用实例	378
本章小结	382
习题	383
第 11 章 人工智能在电力系统中的应用	384
11.1 概述	384
11.2 人工智能在电力系统故障诊断中的应用	385
11.2.1 电网故障诊断原理	386
11.2.2 贝叶斯网络建模	388
11.2.3 贝叶斯网络故障诊断推理	388
11.2.4 改进的贝叶斯网络故障诊断模型	389
11.2.5 其他智能故障诊断技术的应用	390
11.3 人工智能在电力巡检中的应用	391
11.3.1 电力设备巡检	391
11.3.2 巡检机器人	392
11.3.3 系统实时监控后台	393

11.3.4	路径规划管理.....	395
11.3.5	设备状态识别.....	396
11.3.6	Agent 技术	397
11.4	人工智能在电力大数据分析中的应用.....	400
11.4.1	大数据基本概念.....	400
11.4.2	电力大数据的来源.....	401
11.4.3	大数据分析与人工智能.....	402
11.4.4	电力大数据分析典型应用场景.....	403
	本章小结.....	406
	参考文献.....	407

第1章 绪论

人工智能(Artificial Intelligence, AI)与空间技术、能源技术并称为世界三大尖端技术,也被称为是继三次工业革命后的又一次革命,它是在计算机科学、控制论、信息论、神经生理学、哲学、语言学等多种学科研究的基础上发展起来的,是一门新思想、新观念、新理论、新技术不断涌现的前沿性学科和迅速发展的综合性学科。目前,人工智能在很多学科领域都得到了广泛应用,并取得了丰硕成果,无论在理论还是实践上都已自成一个系统。本章将着重讨论人工智能的基本概念,并对人工智能的发展、研究目标、研究途径以及研究领域等展开深入的探讨。

1.1 人工智能的基本概念

什么是智能?什么是人工智能?人工智能和人的智能、动物的智能有什么区别和联系?这些是每个人工智能的初学者都会问到的问题,也是学术界长期争论而又没有定论的问题。人工智能的出现不是偶然的,从思想基础上讲,它是人们长期以来探索能进行计算、推理和其他思维活动的智能机器的必然结果;从理论上讲,它是由于控制论、信息论、系统论、计算机科学、神经生理学、心理学、数学和哲学等多种学科相互渗透的结果;从物质基础上讲,它是由于电子数字计算机的出现和广泛应用的结果。

为了更好地理解人工智能的内涵,本节先介绍一些与之相关的基本概念,如智能。

1.1.1 智能的概念

智能的拉丁文表示是 Legere,意思是收集、汇集。但究竟智能是什么?智能的本质是什么?智能是如何产生的?尽管相关的学者和研究人员一直在努力探究,但这些问题仍然没有完全解决,依然是困扰人类的自然奥秘。

虽然近年来,神经生理学家、心理学家等对人脑的结构和功能有了一些初步认识,但对整个神经系统的内部结构和作用机制,特别是脑的功能原理还没有完全搞清楚,因此对智能做出一个精确、可被公认的定义显然是不可能的,研究人员只能基于自己的研究领域,从不同角度、侧面对智能进行描述,如思维理论的观点、知识阈值理论的观点和进化理论的观点。通过对这些观点的了解,可以帮助我们勾勒出智能的内涵和特征。

思维理论认为智能的核心是思维,人们的一切智慧或智能都来自于大脑的思维活动,人类的一切知识都是人们思维的产物,因而通过对思维规律与方法的研究可以揭示智能的本质。思维理论来源于认知科学,认知科学是研究人们认识客观世界的规律和方法的一门学科。

知识阈值理论认为,智能行为取决于知识的数量和知识的一般化程度,系统的智能来自于它运用知识的能力,认为智能就是在巨大的搜索空间中迅速找到一个满意解的能力。知识阈值理论强调知识在智能中的重要意义和作用,推动了专家系统、知识工程等领域的

发展。

进化理论认为,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,这些本质能力为智能发展提供了基础,因此智能是某种复杂系统所呈现的性质,是许多部件交互作用的结果。智能仅仅由系统总的行为以及行为与环境的联系所决定,它可以在没有明显的可操作的内部表达的情况下产生,也可以在没有明显的推理系统出现的情况下产生。进化理论由 MIT 的布鲁克斯(R. A. Brooks)教授提出,他也是人工智能进化主义学派的代表人物。

综合上述各种观点,可以认为智能是知识与智力结合的产物。知识是智能行为的基础,智力是获取知识并运用知识求解问题的能力。智能具有以下特征。

1. 感知能力

感知能力是指人类通过诸如视觉、听觉、触觉、味觉、嗅觉等感觉器官感知外部世界的能力。感知是人类最基本的生理、心理现象,也是获取外部信息的基本途径。人类通过感知能力获得关于世界的相关信息,然后经大脑加工成为知识,感知是智能活动产生的前提和基础。

事实上,对感知到的外界信息人类通常有两种不同的处理方式:在紧急或简单情形下,不经大脑思索,直接由底层智能机构做出反应;在复杂情形下,通过大脑思维,做出反应。

2. 记忆与思维能力

记忆与思维都是人脑的重要特征,记忆存储感觉器官感知到的外部信息和思维产生的知识;思维则对记忆的信息进行处理,动态地利用已有知识对信息分析、计算、比较、判断、推理、联想、决策等,是获取知识、运用知识并最终求解问题的根本途径。

思维有逻辑思维、形象思维和灵感思维等之分,其中,逻辑思维与形象思维是最基本的两类思维方式,灵感思维指人在潜意识激发下获得灵感而“忽然开窍”,也称顿悟思维。神经生理学家研究发现,逻辑思维与左半脑的活动有关,形象思维与右半脑的活动有关。

1) 抽象思维

逻辑思维也被称为抽象思维,是根据逻辑规则对信息理性处理的过程,反映了人们以抽象、间接、概括的方式认识客观世界的过程。推理、证明、思考等活动都是典型的抽象思维过程。抽象思维具有以下特征。

- (1) 基于逻辑思维。
- (2) 思维过程是串行的、线性的过程。
- (3) 容易形式化,可以用符号串表示思维过程。
- (4) 思维过程严密、可靠,可用于从逻辑上合理预测事物的发展,加深人们对事物的认识。

2) 形象思维

形象思维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,也称直感思维,如图像识别、视觉信息加工等。形象思维具有以下特征。

- (1) 主要基于直觉或感觉形象思维。
- (2) 思维过程是并行协同式的、非线性的过程。
- (3) 较难形式化,对象、场合不同,形象的联系规则也不同,没有统一的形象联系规则。

(4) 信息变形或缺少时,仍然有可能得到比较满意的结果。

3) 灵感思维

灵感思维是显意识与潜意识相互作用的思维方式。思维活动中经常遇到的“茅塞顿开”、“恍然大悟”等,都是灵感思维的典型例子,在这样的过程中除了能明显感觉到的显意识外,感觉不到的潜意识也发挥了作用。灵感或顿悟思维具有以下特点。

(1) 具有不定期的突发性。

(2) 具有非线性的独创性及模糊性。

(3) 穿插于形象思维与逻辑思维之中,有突破、创新、升华的作用。

(4) 形象思维过程更复杂,至今无法描述其产生和实现的原理。

3. 学习与自适应能力

学习是人类的本能,这种学习可能是自觉的、有意识的,也可能是不自觉的、无意识的,可能是有教师指导的学习,也可能是通过自身实践的学习。人类通过学习,不断适应环境、积累知识。

4. 行为能力

行为能力是指人们通过语言、表情、眼神或者形体动作对外界刺激做出反应的能力,也被称为表达能力。外界的刺激可以通过感知直接获得的信息,也可以是经过思维活动得到的信息。

1.1.2 现代人工智能的兴起

尽管人工智能的历史背景可以追溯到遥远的过去,因为人类很早就有制造机器帮助人类的幻想,但一般认为人工智能这门学科应该诞生于1956年的达特蒙斯(Dartmouth)大学。

1946年世界上第一台电子计算机Eniac诞生于美国,最初被用于军方弹道表的计算,经过大约10年计算机科学技术的发展,人们逐渐意识到除了单纯的数字计算外,计算机应该还可以帮助人们完成更多的事情。1956年夏季,在美国达特蒙斯大学,由达特蒙斯学院年轻的数学助教麦卡锡(J. McCarthy,后为斯坦福大学教授)、哈佛大学数学与神经学初级研究员明斯基(M. L. Minsky,后为麻省理工学院教授)、IBM公司信息研究中心负责人罗切斯特(N. Lochester)和贝尔实验室信息部数学研究员香农(C. Shannon,信息论的创始人)共同发起,并邀请了IBM公司的莫尔(T. More)和塞缪尔(A. L. Samuel)、MIT的塞尔弗里奇(O. Selfridge)和索罗门夫(R. Solomonff)以及兰德(RAND)公司和卡内基(Carnegie)工科大学的纽厄尔(A. Newell)和西蒙(H. A. Simon)等人参加了一个持续两个月的夏季学术讨论会,会议的主题涉及自动计算机、如何为计算机编程使其能够使用语言、神经网络、计算规模理论、自我改造、抽象、随机性与创造性等几个方面,在会上他们第一次正式使用了人工智能(Artificial Intelligence, AI)这一术语,开创了人工智能的研究方向,标志着人工智能作为一门新兴学科的正式诞生。

1.1.3 人工智能的定义

考虑到人工智能学科本身相对较短的发展历史以及学科所涉及领域的多样性,人工智能的概念是一个至今仍存在争议的问题,目前还没有一个被绝对公认的定义。在其发展过