



新工科建设之路教学成果

“十三五”江苏省高等学校重点教材

# 人工智能导论

(第3版)

Introduction to Artificial Intelligence Third Edition

丁世飞 / 编著

史忠植 / 主审



教学资料



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

新工科建设之路教学成果  
“十三五”江苏省高等学校重点教材

# 人工智能导论

(第3版)

丁世飞 编著  
史忠植 主审



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书主要阐述人工智能的基本原理、方法和应用技术。全书共 13 章，除第 1 章讨论人工智能基本概念、第 13 章讨论人工智能的争论与展望外，其余 11 章按照“基本智能+典型应用+计算智能”三个模块编排内容。第一个模块为人工智能经典的三大技术，分别为知识表示技术、搜索技术和推理技术，主要包括知识表示、确定性推理、搜索策略、不确定性推理；第二个模块为人工智能的典型应用领域，包括机器学习、支持向量机和专家系统；第三个模块为计算智能与群智能，包括神经计算、进化计算、模糊计算和群智能。

本书力求科学性、模块化、实用性。内容由浅入深、循序渐进，条理清晰，让读者在有限的时间之内，掌握人工智能的基本原理、基本方法和应用技术。本书为教师提供习题答案。

本书可作为计算机科学与技术、智能科学与技术、人工智能、自动化、机器人工程等相关专业的教材，也可供从事人工智能研究与应用的科技工作者学习参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

人工智能导论 / 丁世飞编著. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2020.1

ISBN 978-7-121-36395-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 080058 号

责任编辑: 章海涛

印 刷: 北京盛通商印快线网络科技有限公司

装 订: 北京盛通商印快线网络科技有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20.25 字数: 518 千字

版 次: 2009 年 8 月第 1 版

2020 年 1 月第 3 版

印 次: 2020 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 56.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: 192910558 (QQ 群)。

# 序

人工智能是一门研究如何用机器实现人类智能的学科，即人工的方法和和技术研制智能机器或智能系统来模仿、延伸和扩展人的智能，实现智能行为，诞生以来几经起伏，已经走过了 60 余年的曲折历程。

近年，随着云计算、大数据、深度学习等技术的快速发展，人工智能又在算力支撑、数据驱动、算法引领、需求牵引下强势兴起，并正在成为新一轮科技革命和产业变革的核心动力，以及全球科技实力竞争的重要标志。

继美国政府 2016 年 10 月发布《国家人工智能研究与发展策略规划》后，各国（或地区）政府先后发布了自己国家的人工智能发展规划，将人工智能上升为本国的国家战略。2017 年 7 月，国务院发布《新一代人工智能发展规划》，在将人工智能上升为我国国家战略的同时，特别强调了人工智能技术对我国科技进步和产业引领的引领作用。

当今社会，人工智能作为时代需求的核心生产力，正在逐步改变着人类的生产、生活方式和社会经济活动模式，并必将成为人类认知自然、扩展智力、改变社会，走向智慧生活的重要工具。当然也应该看到，人工智能之路还相当漫长，且充满艰难曲折，人工智能的光明前景还需要广大教育工作者和科技工作者不懈的脚踏实地和辛勤耕耘。

中国矿业大学丁世飞教授编著、中国科学院计算技术研究所史忠植研究员主审的著作《人工智能导论（第 3 版）》系统地阐述了人工智能的基本原理、方法和应用技术，全面反映了人工智能领域国内外的最新研究进展和动态。本书是作者在多年教学与科研工作基础上撰写而成的，内容丰富、结构合理、深入浅出、学用结合，体现出“严肃、严密、严格”的优良作风，按照“基本智能+典型应用+计算智能”三个模块，以逐层深入的方式进行教学，以期达到不同专业之取舍、不同层次的教学研究之需要。

相信本书能成为我国智能科学与技术、人工智能、自动化、机器人工程等新工科专业学生学习“人工智能”或“人工智能导论”课程的优秀教材，也可供从事人工智能研究与应用的科技工作者学习参考。

王万森

中国人工智能学会原秘书长

中国人工智能学会教育工作委员会主任

2019 年 10 月

# 前 言

人工智能的诞生与发展是 20 世纪最伟大的科学成就之一，也是新世纪引领未来发展的主导学科之一。人工智能作为一门新理论、新方法、新技术、新思想不断涌现的前沿交叉学科，相关研究成果已经广泛应用到国防建设、工业生产、国民生活中的各领域。2017 年 3 月，在十二届全国人大五次会议的政府工作报告中，“人工智能”首次被写入政府工作报告；2017 年 7 月国务院发布《新一代人工智能发展规划》；2018 年 1 月 18 日，“2018 人工智能标准化论坛”发布了《人工智能标准化白皮书（2018 版）》。2018 年 9 月 17 日，世界人工智能大会在上海开幕，习近平致信祝贺：“新一代人工智能正在全球范围内蓬勃兴起，为经济社会发展注入了新动能，正在深刻改变人们的生产生活方式。希望与会嘉宾围绕‘人工智能赋能新时代’这一主题，深入交流、凝聚共识，共同推动人工智能造福人类。”在信息网络和知识经济时代，人工智能正在引起越来越广泛的重视，必将为推动科学技术的进步和产业的发展发挥更大的作用。

人工智能是一门研究机器智能的学科，即用人工的方法和技术，研制智能机器或智能系统来模仿、延伸和扩展人的智能，实现智能行为。作为一门前沿和交叉学科，它的研究领域十分广泛，涉及机器学习、数据挖掘、计算机视觉、专家系统、自然语言理解、智能检索、模式识别、规划和机器人等领域。人工智能的长期目标是建立人类水平的人工智能。

与第 2 版相比，本书的主要改进如下。

第 1 章的绪论部分在第 2 版的基础上重新编写，使得内容更贴近实际、更加合理。

第 3 章的确定性推理，原为第 4 章，调整之后，与第 2 章的谓词逻辑表示相衔接，使得知识连贯性更为合理。

第 4 章的搜索策略，进行了大幅度修改，增加了重要算法的描述、代价树搜索等，使得内容更深入。

第 5 章的不确定性推理，同样进行了大幅度修改，主要涉及不确定性知识的表示问题和推理算法的描述问题。

第 6 章重新编写了 6.1 节机器学习概述内容，吸收了最新的一些研究进展。

第 11 章的模糊计算，为增加的一章，与第 9 章的神经计算、第 10 章的进化计算共同构成计算智能的主要内容，并称为人工智能领域的三驾马车。

第 12 章的群智能，为增加的一章。群智能优化作为一种新兴的演化计算技术，在实际中得到了广泛的应用，这是人工智能应用的典型领域之一，有助于读者理解人工智能的真谛。

同时，对第 2 版出现的错误进行了纠正，并对不合理之处进行了删减、增加或修改。本书共 13 章，主要内容如下。

第 1 章绪论，主要讨论人工智能的概念、诞生与发展、研究内容、学派之争、应用领域和发展趋势等。

第 2~5 章为人工智能经典的三大基本技术，包括知识表示技术、搜索技术及推理

技术,包括知识表示、确定性推理、搜索策略和不确定性推理。

第6~8章为人工智能的典型应用领域,包括机器学习、支持向量机、专家系统。

第9~11章为典型的计算智能方法,包括神经计算、进化计算和模糊计算。

第12章为群智能,主要阐述蚁群算法、粒子群算法等群智能优化算法。

第13章为人工智能的争论与展望,重点讨论人工智能存在的不同观点,以及对人类的影响与展望。

最后,附录给出了习题解答,弥补了目前大部分人工智能教材缺少习题答案的不足。

本书力求科学性、模块化、实用性。内容由浅入深、循序渐进,条理清晰。按照“基本智能+典型应用+计算智能”三个模块,以逐层深入的策略组织内容,以期达到不同专业之取舍、不同层次的教学研究之需要。

本书包含了作者多年的科研成果,也吸取了国内外同行的同类教材和有关文献的精华,这些丰硕成果是本书学术思想的重要源泉,为本书的编写提供了丰富的营养,在此谨向这些教材和文献的作者致以崇高的敬意。

本书的编写得到了中国矿业大学、中国科学院计算技术研究所、电子工业出版社等各级领导的支持与帮助,同时中国矿业大学—中国科学院智能信息处理联合实验室的老师、同学自始至终做了大量的工作,特别是博士生张建、徐晓、王艳茹、张子晨、王丽娟、张成龙、孙玉婷,硕士生从林、秦悦、杜鹏、杜威、李景灿、史颂辉等,在此一并表示感谢。

本书得到了国家自然科学基金项目“基于谱粒度的广义深度学习与应用研究”(No.61672522)、中央高校基本科研业务费学科前沿科学研究专项重点项目“基于大数据粒化的深度学习及其优化方法研究”(No.2017XKZD03)等资助。

本书承蒙 IFIP 人工智能专业委员会机器学习和数据挖掘组主席、中国人工智能学会副理事长、中国计算机学会会士、中国人工智能学会会士、中国矿业大学兼职教授、中国科学院计算技术研究所博士生导师史忠植研究员担任主审。

由于人工智能是一门正在快速发展的年轻学科,新的理论、方法、技术及新的应用领域不断涌现,对其中的不少问题,作者还缺乏深入研究,再加上我们的学识水平有限、时间仓促,本书不可避免地存在各种错误和疏漏,敬请各位专家和读者不吝指教。

丁世飞

2019年10月

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
1.1 人工智能的概念 .....	1
1.1.1 智能的定义 .....	1
1.1.2 人工智能的定义 .....	3
1.2 人工智能的产生和发展 .....	5
1.2.1 孕育期 (20 世纪 50 年代中期以前) .....	5
1.2.2 形成及第一个兴旺期 (20 世纪 50 年代中期至 60 年代中期) .....	6
1.2.3 萧条波折期 (20 世纪 60 年代中期至 70 年代中期) .....	7
1.2.4 第二个兴旺期 (20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期) .....	8
1.2.5 稳步增长期 (20 世纪 80 年代中期至今) .....	10
1.2.6 中国的人工智能发展 .....	11
1.3 人工智能的主要学派 .....	12
1.3.1 符号主义学派 .....	12
1.3.2 连接主义学派 .....	13
1.3.3 行为主义学派 .....	14
1.4 人工智能的主要研究内容 .....	14
1.5 人工智能的主要应用领域 .....	17
小结 .....	24
习题 1 .....	24
第 2 章 知识表示 .....	25
2.1 知识表示概述 .....	25
2.1.1 知识的概念 .....	25
2.1.2 知识表示的概念 .....	26
2.2 一阶谓词逻辑表示法 .....	27
2.2.1 命题 .....	27
2.2.2 谓词 .....	28
2.2.3 谓词公式 .....	29
2.2.4 谓词逻辑表示 .....	30
2.2.5 谓词逻辑表示法的特点 .....	33
2.3 产生式表示法 .....	33
2.3.1 产生式表示的基本方法 .....	33
2.3.2 产生式系统的基本结构 .....	35
2.3.3 产生式系统的分类 .....	36
2.3.4 产生式表示法的特点 .....	37

2.4	语义网络表示法	39
2.4.1	语义网络的基本概念	39
2.4.2	语义网络的基本语义关系	39
2.4.3	语义网络表示知识的方法	41
2.4.4	语义网络的推理过程	45
2.4.5	语义网络表示法的特点	46
2.5	框架表示法	46
2.5.1	框架结构	46
2.5.2	框架表示	48
2.5.3	框架表示的推理过程	50
2.5.4	框架表示法的特点	50
2.6	脚本表示法	50
2.7	面向对象表示法	54
	小结	56
	习题 2	57
<b>第 3 章</b>	<b>确定性推理</b>	<b>59</b>
3.1	推理概述	59
3.1.1	推理的概念	59
3.1.2	推理的分类	59
3.1.3	推理的控制策略	61
3.2	推理的逻辑基础	63
3.2.1	谓词公式的永真性和可满足性	63
3.2.2	置换与合一	65
3.3	自然演绎推理	68
3.4	归结演绎推理	69
3.4.1	子句型	69
3.4.2	鲁宾逊归结原理	72
3.4.3	归结演绎推理的归结策略	76
3.4.4	用归结原理求取问题的答案	81
	小结	81
	习题 3	82
<b>第 4 章</b>	<b>搜索策略</b>	<b>85</b>
4.1	搜索概述	85
4.2	一般图搜索	86
4.2.1	图搜索的基本概念	86
4.2.2	状态空间搜索	87
4.2.3	一般图搜索过程	91
4.3	盲目搜索	92

4.3.1	宽度优先搜索	93
4.3.2	深度优先搜索	95
4.3.3	有界深度搜索和迭代加深搜索	97
4.3.4	搜索最优策略的比较	98
4.4	启发式搜索	99
4.4.1	启发性信息和评估函数	99
4.4.2	启发式搜索 A 算法	100
4.4.3	实现启发式搜索的关键因素	102
4.4.4	A*算法	103
4.4.5	迭代加深 A*算法	106
4.5	回溯搜索和爬山法	107
4.5.1	爬山法	107
4.5.2	回溯策略	108
4.6	问题规约	109
4.7	与/或图搜索	111
4.7.1	与/或图表示	111
4.7.2	与/或图的启发式搜索	113
4.8	博弈	117
4.8.1	极大极小过程	119
4.8.2	$\alpha$ - $\beta$ 过程	121
	小结	122
	习题 4	123
<b>第 5 章</b>	<b>不确定性推理</b>	<b>125</b>
5.1	不确定性推理概述	125
5.1.1	不确定性推理的概念	125
5.1.2	知识不确定性的来源	125
5.1.3	不确定性推理要解决的基本问题	126
5.1.4	不确定性推理方法的分类	128
5.2	概率方法	129
5.2.1	概率论基础	129
5.2.2	经典概率方法	130
5.2.3	逆概率方法	130
5.3	主观贝叶斯方法	132
5.3.1	规则不确定性的表示	132
5.3.2	证据不确定性的表示	134
5.3.3	组合证据不确定性的计算	135
5.3.4	不确定性推理	135
5.3.5	结论不确定性的合成算法	137

5.4	确定性理论	140
5.4.1	可信度	140
5.4.2	CF 模型	142
5.4.3	确定性方法的说明	145
5.5	证据理论	146
5.5.1	证据理论的形式描述	147
5.5.2	证据理论的推理模型	150
5.5.3	证据不确定性的表示	152
5.5.4	规则不确定性的表示	152
5.5.5	不确定性的推理	152
5.5.6	组合证据的不确定性计算	152
5.6	模糊推理	155
5.6.1	模糊数学的基本知识	155
5.6.2	模糊假言推理	157
	小结	160
	习题 5	161
<b>第 6 章</b>	<b>机器学习</b>	<b>163</b>
6.1	机器学习概述	163
6.1.1	学习与机器学习	163
6.1.2	学习系统	164
6.1.3	机器学习的发展简史	166
6.1.4	机器学习的分类	167
6.1.5	机器学习的应用和研究目标	168
6.2	归纳学习	169
6.2.1	归纳学习的基本概念	169
6.2.2	变型空间学习	171
6.2.3	归纳偏置	173
6.3	决策树学习	174
6.3.1	决策树的组成及分类	174
6.3.2	决策树的构造算法 CLS	175
6.3.3	基本的决策树算法 ID3	177
6.3.4	决策树的偏置	179
6.4	基于实例的学习	180
6.4.1	$k$ -近邻算法	180
6.4.2	距离加权最近邻法	181
6.4.3	基于范例的学习	181
6.5	强化学习	186
6.5.1	强化学习模型	186

6.5.2	马尔可夫决策过程	187
6.5.3	$Q$ 学习	188
小结		190
习题 6		191
<b>第 7 章</b>	<b>支持向量机</b>	<b>193</b>
7.1	支持向量机概述	193
7.2	统计学习理论	194
7.2.1	学习问题的表示	194
7.2.2	期望风险和经验风险	195
7.2.3	VC 维理论	196
7.2.4	推广性的界	197
7.2.5	结构风险最小化	198
7.3	支持向量机的构造	199
7.3.1	函数集结构的构造	199
7.3.2	支持向量机的模式	200
7.4	核函数	203
7.4.1	核函数概述	203
7.4.2	核函数的分类	204
7.5	SVM 的算法及多类 SVM	205
7.6	用于非线性回归的 SVM	206
7.7	支持向量机的应用	207
小结		209
习题 7		209
<b>第 8 章</b>	<b>专家系统</b>	<b>210</b>
8.1	专家系统概述	210
8.1.1	专家系统的特性	210
8.1.2	专家系统的结构和类型	211
8.2	基于规则的专家系统	213
8.3	基于框架的专家系统	215
8.4	基于模型的专家系统	217
8.5	专家系统的开发	219
8.5.1	专家系统的开发过程	219
8.5.2	专家系统的知识获取	220
8.5.3	专家系统的开发工具和环境	222
8.6	专家系统设计举例	224
8.6.1	专家知识的描述	224
8.6.2	知识的使用	227
8.6.3	决策的解释	230

8.6.4	MYCIN 系统 .....	230
8.7	新型专家系统 .....	231
	小结 .....	233
	习题 8 .....	234
<b>第 9 章</b>	<b>神经计算</b> .....	<b>235</b>
9.1	神经计算概述 .....	235
9.2	感知器 .....	237
9.2.1	感知器的结构 .....	237
9.2.2	感知器的学习算法 .....	238
9.3	反向传播网络 .....	240
9.3.1	BP 网络的结构 .....	240
9.3.2	BP 网络的学习算法 .....	241
9.4	自组织映射神经网络 .....	244
9.4.1	SOM 网络结构 .....	244
9.4.2	SOM 网络的学习算法 .....	244
9.5	Hopfield 网络 .....	246
9.5.1	离散 Hopfield 网络的结构 .....	246
9.5.2	离散 Hopfield 网络的稳定性 .....	247
9.5.3	离散 Hopfield 网络的学习算法 .....	247
9.6	脉冲耦合神经网络 .....	248
9.6.1	PCNN 的结构 .....	248
9.6.2	PCNN 的学习算法 .....	249
9.7	深度神经网络 .....	249
	小结 .....	250
	习题 9 .....	251
<b>第 10 章</b>	<b>进化计算</b> .....	<b>252</b>
10.1	进化计算概述 .....	252
10.2	遗传算法 .....	253
10.2.1	遗传算法的基本原理 .....	253
10.2.2	遗传算法的应用示例 .....	255
10.2.3	模式定理 .....	257
10.2.4	遗传算法的改进 .....	259
10.3	进化规划 .....	260
10.3.1	标准进化规划及其改进 .....	261
10.3.2	进化规划的基本技术 .....	262
10.4	进化策略 .....	263
10.4.1	进化策略及其改进 .....	263
10.4.2	进化策略的基本技术 .....	264

10.5	GA、EP、ES 的异同	266
	小结	267
	习题 10	267
<b>第 11 章</b>	<b>模糊计算</b>	<b>268</b>
11.1	模糊集合的概念	268
11.1.1	模糊集合的定义	268
11.1.2	模糊集合的表示方法	268
11.2	模糊集合的代数运算	273
11.3	正态模糊集和凸模糊集	275
11.4	模糊关系	276
11.4.1	模糊关系的概述	276
11.4.2	模糊关系的性质	277
11.5	模糊判决	277
11.6	模糊数学在模式识别中的应用	278
11.6.1	最大隶属度原则	278
11.6.2	择近原则	279
	小结	280
	习题 11	280
<b>第 12 章</b>	<b>群智能</b>	<b>282</b>
12.1	群智能概述	282
12.1.1	群智能优化算法定义	282
12.1.2	群智能优化算法原理	283
12.1.3	群智能优化算法特点	283
12.2	蚁群算法	283
12.2.1	蚁群算法概述	283
12.2.2	蚁群算法的数学模型	284
12.2.3	蚁群算法的改进	286
12.2.4	蚁群算法的应用示例	287
12.3	粒子群优化算法	288
12.3.1	粒子群优化算法基本思想	288
12.3.2	粒子群优化算法基本框架	288
12.3.3	粒子群优化算法参数分析与改进	290
12.3.4	粒子群优化算法的应用示例	291
12.4	其他群智能优化算法	292
12.4.1	人工鱼群算法	292
12.4.2	细菌觅食算法	295
12.4.3	混合蛙跳算法	297
12.4.4	果蝇优化算法	298

小结 .....	299
习题 12 .....	300
<b>第 13 章 争论与展望</b> .....	<b>301</b>
13.1 争论 .....	301
13.1.1 对人工智能理论的争论 .....	301
13.1.2 对人工智能方法的争论 .....	302
13.1.3 对人工智能技术路线的争论 .....	302
13.1.4 对强弱人工智能的争论 .....	303
13.2 展望 .....	304
13.2.1 更新的理论框架 .....	304
13.2.2 更好的技术集成 .....	305
13.2.3 更成熟的应用方法 .....	305
13.2.4 脑机接口 .....	306
小结 .....	306
习题 13 .....	307
<b>附录 A 参考答案</b> .....	<b>308</b>
<b>参考文献</b> .....	<b>309</b>

# 第1章 绪论

人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 是当前科学技术迅速发展及新思想、新理论、新技术不断涌现的形势下产生的一个学科,也是一门涉及数学、计算机科学、哲学、认知心理学、信息论、控制论等学科的交叉和边缘学科。人工智能主要研究用人工的方法和技术,模仿、延伸和扩展人的智能,实现机器智能。人工智能的长期目标是实现人类水平的机器智能。人工智能自从诞生以来,取得了许多令人瞩目的成果,并在很多领域得到了广泛的应用。本章主要介绍人工智能的概念、发展历史、研究方法和主要应用领域。

## 1.1 人工智能的概念

### 1.1.1 智能的定义

什么是智能?智能的本质是什么?这是古今中外许多哲学家、脑科学家一直在努力探索和研究的问题,但至今仍然没有完全解决,以至被列为自然界四大奥秘(物质的本质、宇宙的起源、生命的本质、智能的发生)之一。

目前,人们大多是把对人脑的已有认识与智能的外在表现结合起来,从不同的角度、不同的侧面、用不同的方法对“智能”进行研究,提出的观点亦不相同,其中影响较大的主要有思维理论、知识阈值理论、进化理论。

#### 1. 思维理论 (Thinking Theory)

思维理论来自认知科学,认知科学又被称为思维科学。思维理论是研究人们认识客观世界的规律和方法的一门科学,目的在于揭开大脑思维功能的奥秘。思维理论认为,智能的核心是思维,人的一切智慧或智能都来自大脑的思维活动,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有望揭示智能的本质。

#### 2. 知识阈值理论 (Knowledge Threshold Theory)

知识阈值理论强调知识对于智能的重要意义和作用,认为智能行为取决于知识的数量及其一般化的程度,一个系统之所以有智能是因为它具有可运用的知识。在此认识的基础上,知识阈值理论把“智能”定义为: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。知识阈值理论在人工智能的发展史中有着重要的影响,知识工程、专家系统等都是在这个理论的影响下发展起来的。

#### 3. 进化理论 (Evolutionary Theory)

进化理论是由美国麻省理工学院 (Massachusetts Institute of Technology, MIT) 的布鲁克 (R. A. Brook) 教授提出的。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,正是这些能力对智能的发展提供了

基础，因此智能是某种复杂系统所浮现的性质。进化理论的核心是用控制取代表示，从而取消概念、模型及显式表示的知识（Intelligence without Representation, Intelligence without Reasoning），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和必要性。

综合上述各种观点，“智能”可以被认为是：智能是知识和智力的总和。其中，知识是一切智能行为的基础，智力是获取知识并运用知识求解问题的能力，即在任意给定的环境和目标的条件下，正确制订决策和实现目标的能力，它来自人脑的思维活动。

智能具有下列特征。

#### （1）感知能力（Perceiving Ability）。

感知能力是指人们通过感知器官感知外部世界的的能力，是人类最基本的生理、心理现象，也是人类获取外界信息的基本途径，一般认为：

感知能力=视觉（80%）+听觉（10%）+触觉+嗅觉+…

也就是说，80%以上的信息通过视觉得到，10%的信息通过听觉得到。

#### （2）记忆和思维能力（Memorizing and Thinking Ability）。

记忆和思维是人脑最重要的功能，也是人类智能最主要的表现形式。

记忆是对感知到的外界信息或由思维产生的内部知识的存储过程。

思维是对所存储的信息或知识的本质属性、内部规律等的认识过程。人类基本的思维方式有形象思维、抽象思维和灵感思维。

形象思维也称为直感思维，是一种基于形象概念，根据感性形象认识材料，对客观现象进行处理的一种思维形式，如视觉信息加工、图像或景物识别等。神经生理学认为，形象思维是由右半脑实现的。

形象思维一般具有下列特征：

- ① 依据直觉。
- ② 思维过程是并行协同的。
- ③ 形式化困难。
- ④ 在信息变形或缺少的情况下仍有可能得到比较满意的结果。

抽象思维也称为逻辑思维，是一种基于抽象概念，根据逻辑规则对信息或知识进行处理的理性思维形式，如推理、证明、思考等活动。神经生理学认为，抽象思维是由左半脑实现的，如推理、证明、思考等活动。

抽象思维一般具有下列特征：

- ① 依靠逻辑进行思维。
- ② 思维过程是串行的。
- ③ 容易形式化。
- ④ 思维过程具有严密性、可靠性。

灵感思维也称为顿悟思维，是一种显意识与潜意识相互作用的思维方式。平常，人们在考虑问题时往往会因获得灵感而顿时开窍。这说明人脑在思维时，除了那种能够感觉到的显意识在起作用，还有一种感觉不到的潜意识在起作用，只不过人们意识不到而已。

灵感思维一般具有下列特征：

- ① 不定期的突发性。
- ② 非线性的独创性和模糊性。

③ 穿插于形象思维与逻辑思维之中。

记忆和思维能力可表示为：

记忆和思维能力=分析+计算+对比+判断+推理+关联+决策+…

(3) 学习和自适应能力 (Learning and Self-adapting Ability)。

学习是一个具有特定目的知识获取过程。学习和自适应是人类的一种本能，一个人只有通过学习，才能增加知识、提高能力、适应环境。尽管不同人在学习方法、学习效果等方面有较大差异，但学习是每个人都具有的一种基本能力。

(4) 行为能力 (Acting Ability)。

行为能力是指人们对感知到外界信息做出动作反应的能力。引起动作反应的信息可以由感知直接获得的外部信息，也可以是经思维加工后的内部信息。完成动作反应的过程一般通过脊髓来控制，并由语言、表情、体姿等来实现。

## 1.1.2 人工智能的定义

1956年，4位年轻学者——约翰·麦卡锡 (J. McCarthy)、马文·明斯基 (M. Minsky)、纳撒尼尔·罗彻斯特 (N. Rochester)、克劳德·香农 (C. Shannon)，在美国新罕布什尔州的达特茅斯 (Dartmouth) 大学共同发起和组织了用机器模拟人类智能的夏季专题研讨会。会议邀请了包括数学、神经生理学、精神病学、心理学、信息论和计算机科学领域的10名学者参加，为期两个月。

在研讨会上，科学家们运用数理逻辑和计算机的成果，提供关于形式化计算和处理的理论，模拟人类某些智能行为的基本方法和技术，构造具有一定智能的人工系统，让计算机完成需要人的智力才能胜任的工作。其中，明斯基的神经网络模拟器、麦卡锡的搜索法、赫伯特·西蒙 (H. Simon) 和艾伦·纽厄尔 (A. Newell) 的逻辑理论成为研讨会的3个亮点。

在达特茅斯夏季讨论会上，麦卡锡提议用 AI (Artificial Intelligence) 作为这一交叉学科的名称，标志着人工智能学科的诞生，具有十分重要的意义。麦卡锡也被称为人工智能之父。从那以后，研究者们发展了众多理论和原理，人工智能的概念也随之扩展。人工智能是当前科学技术迅速发展及新思想、新理论、新技术不断涌现的形势下产生的一个学科，也是一门涉及数学、计算机科学、哲学、认知心理学、信息论、控制论等学科的交叉和边缘学科。人工智能的发展虽然已走过了几十年的历程，但是对“人工智能”至今尚无统一的定义，人们试图用下列4种方法给出其定义。

### 1. 类人行为系统 (Systems That Act Like Human)

**定义 1.1** 人工智能是制造能够完成需要人的智能才能完成的的任务的机器的技术 (The art of creating machines that perform functions that requires intelligence when performed by people), R. Kurzweil, 1990。

**定义 1.2** 人工智能是研究如何让计算机做现阶段人类才能做得更好的事情 (The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better), Rick and Knight, 1991。

这种观点与图灵测试的观点吻合，是一种类人行为定义的方法。1950年，阿兰·图灵 (Alan Turing) 提出了图灵测试，为智能提供一个满足可操作要求的定义。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且唯一的标准。