

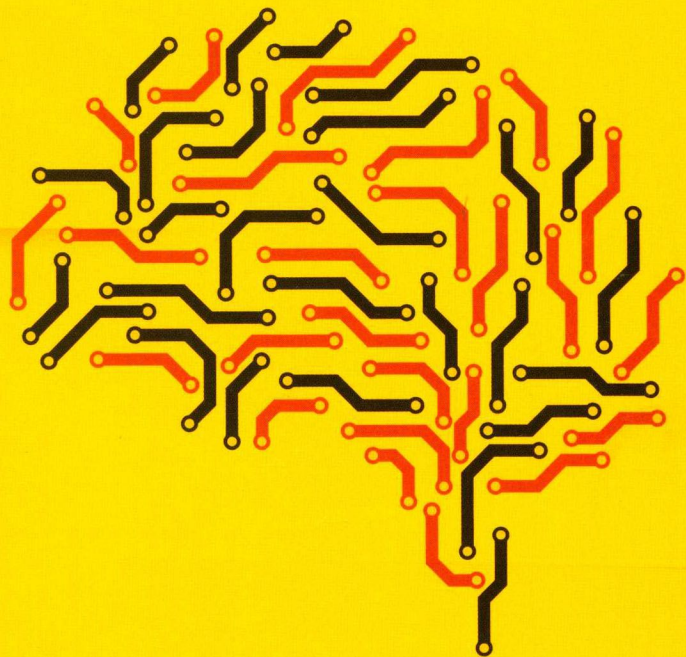
人工智能 前沿技术丛书

Introduction to  
Computational Intelligence

# 计算智能导论

总主编 焦李成

尚荣华 焦李成  
刘 芳 张小华 李玲玲 编著



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

人工智能 前沿技术丛书

总主编 焦李成

# 计算智能导论



尚荣华 焦李成 编著  
刘芳 张小华 李玲玲



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

## 内 容 简 介

本书对计算智能的诸多基础理论进行了详细的介绍和释义,并介绍了神经网络、模糊系统、进化计算的应用范例以及实验结果,将理论与实践紧密联系起来。全书共4章,其中,第1章对人工智能的萌芽、诞生和发展,以及现状和未来进行了简要介绍;第2章为进化计算,论述了遗传算法、蚁群算法、粒子群算法,以及免疫克隆算法;第3章为模糊逻辑,介绍了模糊理论基础,论述了常见的模糊隶属度函数以及模糊集合常用的算子,并对模糊关系及运算、模糊推理进行了详细介绍;第4章为人工神经网络,论述了人工神经网络的特点、生物学基础及其发展与应用。

本书可供计算机科学、信息科学、人工智能、自动化技术领域及其交叉领域中从事量子计算、进化算法、机器学习及相关应用研究的技术人员参考使用,也可作为相关专业研究生和高年级本科生的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

计算智能导论/尚荣华等编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2019.9  
ISBN 978-7-5606-5344-0

I. ①计… II. ①尚… III. ①人工神经网络—计算 IV. ①TP183

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第089182号

策划编辑 人工智能前沿技术丛书项目组

责任编辑 刘玉芳 张 玮

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安日报社印务中心

版 次 2019年9月第1版 2019年9月第1次印刷

开 本 787毫米×960毫米 1/16 印张 20.5

字 数 422千字

定 价 54.00元

ISBN 978-7-5606-5344-0/TP

**XDUP 5646001-1**

\*\*\*如有印装问题可调换\*\*\*

# 前言

## PREFACE

人类对于人工智能的畅想与探索有着悠久的历史，公元前4世纪，亚里士多德提出了形而上学和逻辑学两个方面的思想，主要成就包括主谓命题及关于此类题的逻辑推理方法，特别是三段论。1620年，弗朗西斯·培根在《新工具》中提出归纳法。他看到了实验对于揭示自然奥秘的作用，认为科学研究应该使用以观察和实验为基础的归纳法。从某种意义上讲，这些可以看做人工智能科学的萌芽。1950年，“人工智能之父”艾伦·麦席森·图灵提出了著名的“图灵测试”；1956年，赫伯特·西蒙等人合作编写了《逻辑理论机》，即数学定理证明程序，使机器迈出了逻辑推理的第一步，并在达特茅斯会议上首次提出了“人工智能”(Artificial Intelligence, AI)这一术语；在经历数次起落之后，1997年，计算机“深蓝”击败了等级分排名世界第一的棋手加里·卡斯帕罗夫，人工智能重新获得人们的普遍重视，逐步跨进了复兴期；2016年，人工智能机器人AlphaGo以4:1战胜世界围棋冠军李世石。在过去的60多年间，人工智能经历了从萌芽、诞生到不断发展的历程，虽然现有的计算机技术已充分实现了人类左脑的逻辑推理功能，但人类右脑的模糊处理能力以及模拟整个大脑并行处理大量信息的能力的实现仍需广大学者的共同努力。

作为人工智能的新生领域，计算智能系统在神经网络、模糊系统、进化计算三个分支发展相对成熟的基础上，通过相互的有机融合而形成了新的科学方法。计算智能通过对自然智能原理和模式的学习，形成优化模型，并应用到实际工程问题的解决中。在人工智能飞速发展的今天，海量、非结构化数据的处理给信息科学带来了很多挑战，计算智能的发展也是智能理论和技术发展的崭新阶段。近年来的研究发现，计算智能的三个分支从表面上看各不相同，但实际上它们紧密相关且互为补充和促进。

人工神经网络属于一种运算模型，反映了大脑思维的高层次结构，其对人脑神经元进行抽象进而建立简单模型，从信息处理角度按不同的连接方式将神经元相互连接从而构成不同的网络，具有高度的并行结构和并行实现能力，以及固有的非线性特性和较强的学习能力。每个神经元代表了一种特定的输出函数，即激励函数，每两个神经元之间的连接都代表通过该连接的信号的加权值，网络的最终输出依赖于网络中神经元的连接方式、权值以及激励函数的改变。近十多年来，人工神经网络的研究工作已经取得了很大的进展，其在智能机器人、模式识别、自动控制、生物、医学等领域表现出了良好的智能特性。

模糊逻辑是一种精确解决不精确、不完全信息的方法，它可以比较自然地处理人的概念，是一种通过模仿人的思维方式来表示和分析不确定、不精确信息的方法和工具。对于未知的或不能确定的系统以及强非线性控制对象等，应用模糊集合和模糊规则进行推理，



实行模糊判断,可解决常规方法难以很好解决的模糊信息问题。模糊逻辑突破了传统逻辑的思维模式,对于深刻研究人类的认识能力具有举足轻重的作用,特别是它与专家系统、神经网络以及控制理论的结合,在人工智能领域的研究中扮演了重要角色。

进化计算通过模拟自然界生物的进化过程与机制进行问题求解,具有自适应、自组织、自学习能力,能够解决传统计算方法难以解决的复杂问题。它以达尔文进化论的“物竞天择、适者生存”作为算法的进化规则,结合孟德尔的遗传变异理论,将生物进化过程中的繁殖、变异、竞争、选择引入到算法中。进化计算领域已经取得了丰硕的研究成果,其中进化多目标优化的研究、免疫克隆算法的研究以及群智能方法的研究均是国内外研究者的研究热点。

本套丛书主编焦李成教授在多年的研究工作过程中取得了很多显著的成果,先后荣获省部级以上科技奖 10 余项,其中包括国家自然科学基金二等奖,并受到国家 973 计划、国家“863”计划、国家自然科学基金重点项目及面上项目、国家教育部博士点基金、高等学校学科创新引智计划,以及教育部“长江学者和创新团队发展计划”的资助。在以往研究的基础上对相关知识和方法进行系统梳理,总结了一套较为完整的体系,最终形成此书。本书不仅对计算智能的诸多基础理论进行了详细介绍和释义,还介绍了神经网络、模糊系统、进化计算的应用范例以及实验结果。

## 1

### 本书编写思路

本书对计算智能的诸多基础理论进行了详细介绍和释义,还介绍了神经网络、模糊系统、进化计算的应用范例以及实验结果,将理论与实践紧密联系。全书分为 4 章。

第 1 章为绪论,对人工智能的萌芽、诞生、发展以及现状和未来进行了简要介绍。对人工智能的新生领域计算智能的三个分支,进化计算、模糊系统、神经网络进行了初步论述,并且列举了人工神经网络、模糊理论、进化计算的主要研究成果。

第 2 章为进化计算,论述了遗传算法的特点、基本框架、优势以及五个关键问题。于最常用遗传算法解决的数值优化问题进行了详细阐述,结合遗传算法的基本框架给出了解决问题的具体流程和实验示例。选取遗传算法的理论基础、编码和种群初始化、交叉和变异操作、选择和适应度函数,分成 4 个小节进行了详细论述。在此基础上,对进化计算的收敛性进行了分析,论述了几种典型的约束优化问题和组合优化问题。对于多目标优化问题,给出了遗传算法解决多目标优化问题的基本框架和适应度分配机制,并列出了解决多目标优化问题的主要算法。此外,本章还论述了两种群智能算法:蚁群算法和粒子群算法,并给出了免疫克隆算法。最后作为对本章知识的巩固练习,布置了相应的习题。

第 3 章为模糊逻辑,详细介绍了模糊理论基础,包括模糊集合的定义、表示、几何图示和运算等。论述了常见的模糊隶属度函数以及模糊性的度量方式,并对模糊关系及运算、模糊推理进行了详细介绍。对于模糊聚类分析问题,详细论述了其基础知识和一般步骤,

并结合模糊聚类分析实例,给出了基于模糊聚类的图像分割方法以及模糊理论在图像处理中的应用。此外,本章还对模糊综合评判进行了介绍,并论述了模糊综合评判模型的建立过程。最后作为对本章知识的巩固练习,布置了相应的习题。

第4章为人工神经网络,论述了人工神经网络的特点、生物学基础以及人工神经网络的发展与应用。将人工神经单元——单感知器和人工神经网络——多感知机分成两个小节进行论述,详细介绍了感知器模型和神经网络的参数学习与训练方法。在此基础上,详细论述了神经网络的几种学习方法和典型例题分析,介绍了核方法与径向基函数网络的概念、模型及学习方法等。对于深度神经网络中的有监督与无监督学习、卷积神经网络、循环神经网络和生成对抗网络等进行了论述。最后作为对本章知识的巩固练习,布置了相应的习题。

## 2

### 本书特色

#### 1) 紧跟学术前沿

作者查阅了大量的期刊和相关网络资料,紧跟国内外相关研究机构的最新研究动态,同时积极与国内外学者和企业人员进行交流,结合近年来人工智能和计算智能领域的研究心得与成果,进行系统梳理与总结,将该领域的最新动态与各位读者分享。

#### 2) 论述清晰,知识完整

本书内容丰富,阐述严谨,对计算智能的三个分支——进化计算、模糊系统、神经网络的基本框架中的理论基础和典型问题进行了详细论述,并且将理论与实践紧密联系,给出了相关示例和实验结果,适合计算智能以及相关交叉领域的教师参考和学生学习。

#### 3) 学科交叉

计算智能与脑科学、神经科学、生物学、语言学等学科交叉发展,互相影响。本书从原理论述等方面,充分体现了学科交叉,并将这些知识有机地结合起来。

#### 4) 重视实用性

本书论述了计算智能理论、进化计算、模糊系统、人工神经网络的理论基础、基本框架和典型算法,并在此基础上将理论与实践相结合,针对相关领域中的典型问题,给出了解决方法、参数学习以及实验结果示例,使读者在更好地理解理论知识的同时,对计算智能学科乃至人工智能学科产生兴趣,培养动手能力。

#### 5) 符合专业需求

作为智能科学与技术专业的教材,本书详细汇总了进化计算、模糊系统、人工神经网络中常用的优化模型、学习模型、算子和网络模型等,同时将理论与实践相结合,介绍了人工神经网络、模糊系统、进化计算的典型应用范例以及实验结果,对学生计算智能理论知识的巩固和解决问题能力的提高有很好的帮助与促进作用。

## 致 谢

本书是西安电子科技大学人工智能学院——“智能感知与图像理解”教育部重点实验室，“智能感知与计算”教育部国际联合实验室，国家“111”计划创新引智基地，国家“2011”信息感知协同创新中心，“大数据智能感知与计算”陕西省 2011 协同创新中心，智能信息处理研究所集体智慧的结晶，感谢集体中每一位同仁的奉献。特别感谢保铮院士多年来的悉心培养和指导，感谢中国科技大学陈国良院士和 IEEE 计算智能学会副主席、英国伯明翰大学姚新教授，英国埃塞克斯大学张青富教授，英国萨里大学金耀初教授，英国诺丁汉大学屈嵘教授的指导和帮助；感谢国家自然科学基金委信息科学部的大力支持；感谢田捷教授、高新波教授、石光明教授、梁继民教授的帮助；感谢王丹、张玮桐、任晋弘、徐开明、王光光、宋九征、林俊凯、彭沛等智能感知与图像理解教育部重点实验室研究生所付出的辛勤劳动。在此特别感谢 2018 年国家重点研发计划课题（2018YFC0825303，2018YFC0825305），国家自然科学基金重点项目（61836009），国家自然科学基金创新研究群体科学基金（61621005），国家自然科学基金（U1701267，61773304，61772399，61672405，61473215，61876141，61806156），高等学校学科创新引智计划（111 计划）（B07048），重大研究计划（91438201 和 91438103），以及教育部“长江学者和创新团队发展计划”（IRT\_15R53 和 IRT0645），西安电子科技大学 2018 年度研究生课程与教材建设项目（JPJC1819 和 JPJC1820），西安电子科技大学 2018 年研究生教育教学改革研究项目（JGY1814 和 JGY1815）对我们的资助。

感谢作者家人的大力支持和理解。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请各位专家及广大读者批评指正。

作 者

2019.3

# 目录 CONTENTS

<b>第 1 章 绪论——从人工智能到计算智能</b> .....	1
1.1 人工智能的发展 .....	1
1.1.1 人工智能的萌芽 .....	1
1.1.2 人工智能的诞生 .....	3
1.1.3 人工智能的发展 .....	6
1.2 人工智能预言、现状和未来 .....	9
1.3 人工智能的新生：计算智能 .....	10
1.3.1 人工神经网络 .....	10
1.3.2 模糊逻辑 .....	10
1.3.3 进化计算 .....	11
1.3.4 计算智能 .....	11
1.4 智能的三个层次 .....	12
1.5 计算智能领域研究成果 .....	12
1.5.1 进化计算研究成果 .....	12
1.5.2 模糊理论研究成果 .....	16
1.5.3 人工神经网络研究成果 .....	19
习题 .....	22
参考文献 .....	22
<b>第 2 章 进化计算</b> .....	29
2.1 绪论 .....	29
2.1.1 引例 .....	29
2.1.2 从进化论到进化计算 .....	31
2.2 遗传算法 .....	37
2.2.1 遗传算法简介 .....	37
2.2.2 遗传的特点 .....	38
2.2.3 示例 .....	38
2.2.4 遗传算法的基本框架 .....	40
2.2.5 遗传算法的优点 .....	40
2.2.6 遗传算法的五个关键问题 .....	41
2.3 遗传编码和种群初始化 .....	41
2.3.1 遗传编码 .....	41
2.3.2 种群初始化 .....	46



2.4	交叉和变异 .....	47
2.4.1	交叉算子 .....	47
2.4.2	变异算子 .....	50
2.5	选择和适应度函数 .....	52
2.5.1	选择 .....	52
2.5.2	适应度函数 .....	54
2.5.3	适应度共享和群体多样性 .....	56
2.6	遗传算法用于求解数值优化问题 .....	57
2.7	遗传算法的理论基础 .....	65
2.7.1	模式理论 .....	65
2.7.2	建筑块假说 .....	69
2.8	进化算法的收敛性分析 .....	71
2.8.1	收敛性的定义 .....	71
2.8.2	基于压缩映射原理的收敛性分析 .....	71
2.8.3	基于有限 Markov 链的收敛性分析 .....	72
2.8.4	公理化模型 .....	73
2.9	基于进化计算的约束优化问题 .....	75
2.9.1	无约束优化问题 .....	75
2.9.2	约束优化问题的形式及处理方法 .....	80
2.9.3	罚函数 .....	82
2.9.4	应用 GA 求解约束优化问题 .....	86
2.9.5	随机优化问题 .....	89
2.9.6	非线性目标规划问题 .....	94
2.9.7	区间规划问题 .....	98
2.10	基于进化计算的组合优化问题 .....	104
2.10.1	组合优化问题的基本概念 .....	104
2.10.2	背包问题 .....	104
2.10.3	TSP 问题 .....	111
2.11	基于进化计算的多目标优化问题 .....	124
2.11.1	多目标优化的基本思想 .....	124
2.11.2	遗传算法求解多目标优化问题 .....	129
2.11.3	适应度分配机制 .....	131
2.11.4	多目标优化的主要算法 .....	134
2.12	群智能算法 .....	136
2.12.1	蚁群算法 .....	137
2.12.2	粒子群算法 .....	141
2.13	免疫克隆算法 .....	143

2.13.1	从生物免疫到人工免疫系统 .....	143
2.13.2	免疫进化算法 .....	146
2.13.3	克隆选择计算 .....	151
习题	.....	157
参考文献	.....	160
<b>第3章</b>	<b>模糊逻辑</b> .....	<b>164</b>
3.1	模糊理论基础 .....	164
3.1.1	概率与模糊 .....	165
3.1.2	模糊集合的定义 .....	166
3.1.3	模糊集合和经典集合 .....	167
3.1.4	模糊集合的表示方法 .....	170
3.1.5	模糊集合的几何图示 .....	171
3.1.6	模糊集合的运算 .....	174
3.2	隶属度函数 .....	178
3.2.1	隶属度函数的基本概念 .....	178
3.2.2	隶属度函数遵守的基本原则 .....	183
3.2.3	隶属度函数的设计 .....	184
3.2.4	模糊集合的特性 .....	188
3.2.5	模糊性的度量 .....	190
3.3	模糊关系及运算 .....	192
3.3.1	模糊关系 .....	192
3.3.2	模糊关系的运算 .....	195
3.4	模糊推理 .....	197
3.4.1	模糊逻辑的特点及运算 .....	197
3.4.2	模糊语言变量 .....	198
3.4.3	模糊推理 .....	201
3.4.4	模糊化和去模糊化 .....	205
3.5	模糊控制系统 .....	207
3.5.1	模糊控制 .....	207
3.5.2	模糊控制器 .....	208
3.6	模糊聚类分析 .....	210
3.6.1	问题的提出 .....	210
3.6.2	模糊聚类分析的基础知识 .....	210
3.6.3	模糊聚类分析的一般步骤 .....	212
3.7	模糊综合评判模型 .....	217
3.8	模糊理论在图像处理中的应用 .....	221
3.8.1	基于模糊稀疏自编码器框架的单幅图像人脸识别算法 .....	221

3.8.2 基于模糊超像素表征学习的 PolSAR 图像分类 .....	232
习题 .....	245
参考文献 .....	246
<b>第 4 章 人工神经网络</b> .....	<b>252</b>
4.1 绪论 .....	252
4.1.1 人工神经网络简介 .....	252
4.1.2 人工神经网络的发展 .....	254
4.1.3 人工神经网络的应用与实现 .....	257
4.2 人工神经单元——单感知器 .....	260
4.2.1 生物学基础 .....	260
4.2.2 感知器模型 .....	261
4.2.3 激活函数 .....	263
4.2.4 感知器参数学习 .....	266
4.3 人工神经网络 .....	268
4.3.1 单层神经网络 .....	269
4.3.2 多层神经网络 .....	269
4.3.3 神经网络参数学习 .....	270
4.3.4 人工神经网络的信息处理能力 .....	271
4.4 神经网络的学习方法 .....	272
4.4.1 Hebb 规则 .....	272
4.4.2 梯度下降方法 .....	276
4.4.3 误差反向传播算法 .....	280
4.4.4 其他学习方法 .....	282
4.5 径向基函数网络 .....	284
4.5.1 径向基函数简介 .....	284
4.5.2 径向基函数网络概念 .....	285
4.5.3 径向基函数网络的模型 .....	285
4.5.4 径向基函数网络的工作原理及特点 .....	286
4.5.5 径向基函数网络的学习算法 .....	287
4.6 深度神经网络 .....	289
4.6.1 有监督学习与无监督学习 .....	289
4.6.2 卷积神经网络 .....	289
4.6.3 循环神经网络 .....	298
4.6.4 生成对抗网络 .....	303
4.6.5 增强学习 .....	309
习题 .....	314
参考文献 .....	315

## 第1章

## 绪论——从人工智能到计算智能

## 1.1 人工智能的发展

1997年5月11日北京时间早晨4时50分,一台名叫“深蓝”的超级电脑在棋盘C4处落下最后一颗棋子,全世界都听到了震撼世纪的叫杀声——“将军”!这场举世瞩目的“人机大战”,终于以机器获胜的结局落下了帷幕。

“深蓝”是一台智能电脑,是人工智能的杰作。新闻媒体以挑衅性的标题不断地发问:电脑战胜的是一个人,还是整个人类的智能?连棋王都认输了,下一次人类还将输掉什么?智慧输掉了,人类还剩些什么?于是,人工智能又一次成为万众瞩目的焦点,成为电脑科学界引以为豪的学科。

## 1.1.1 人工智能的萌芽

## 1. 亚里士多德的形而上学和逻辑学

亚里士多德的主要成就包括主谓命题及关于此类命题的逻辑推理方法,特别是三段论。这是由两个前提推出结论的方法。

**例 1.1.1** (i) 凡孔子的后代是人, (ii) 凡人皆会死, 因此凡孔子的后代会死。若写成普遍的形式, 则是: (i) 凡 S 是 M; (ii) 凡 M 是 P; 因此凡 S 是 P。这里 (i) 及 (ii) 是两个前提, 若这两个前提为真, 则以上推出的结论 (凡 S 是 P) 亦必然是真, 因此这个三段论是正确的。

## 2. 归纳法

Bacon(培根, 1561—1626年)在《新工具》中提出归纳法, 提出“知识就是力量”。他十分重视科学实验, 认为只有经过实验才能获得真正的知识。

## 3. 图灵与人工智能

艾伦·麦席森·图灵(Turing, 1912年—1954年, 见图1-1, 英国数学家), 以“纸上下棋机”率先探讨了下棋与机器智能的联系,



图1-1 图灵

是举世公认的“人工智能之父”。1937年，伦敦权威的数学杂志收到图灵的一篇论文《论可计算数及其在判定问题中的应用》，其作为阐明现代电脑原理的开山之作，被永远载入了计算机的发展史册。1950年10月，他的又一篇划时代论文《计算机与智能》发表，这篇文章后来被改名为《Can a machine think?》。

图灵曾预言，随着电脑科学和机器智能的发展，20世纪末将会出现智能机器。在这点上，图灵也是过于乐观了。但是，“图灵试验”大胆地提出了“机器思维”的概念，为人工智能确定了奋斗的目标，并指明了前进的方向。

#### 4. 人工智能的物质基础——计算机

二战期间，美国军方为了解决计算大量军用数据的难题，成立了由宾夕法尼亚大学莫奇利和埃克特领导的研究小组，开始研制世界上第一台计算机。经过三年紧张的工作，第一台电子计算机终于在1946年2月14日问世了，它由17 468个电子管、6万个电阻器、1万个电容器和6千个开关组成，重达30吨，占地160平方米，耗电174千瓦，耗资45万美元。这台计算机每秒只能运行5千次加法运算，称为“埃尼阿克”即ENIAC(电子数字积分计算机，见图1-2)，为人工智能研究奠定了物质基础。

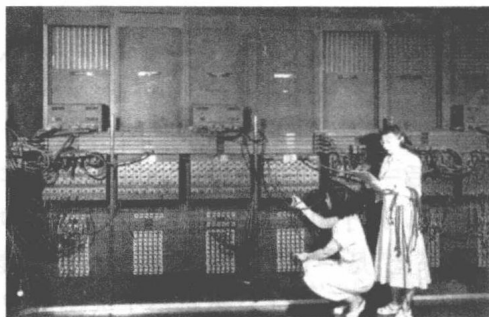


图1-2 ENIAC计算机

#### 5. 数学奇才、计算机之父——冯·诺依曼

1945年6月，冯·诺依曼与戈德斯坦、勃克斯等人，联名发表了一篇长达101页的报告，即计算机史上著名的“101页报告”，直到今天，这篇报告仍然被认为是现代电脑科学发展里程碑式的文献。报告明确规定了计算机的五大部件，并用二进制替代十进制进行运算。

冯·诺依曼计算机结构如图1-3所示。

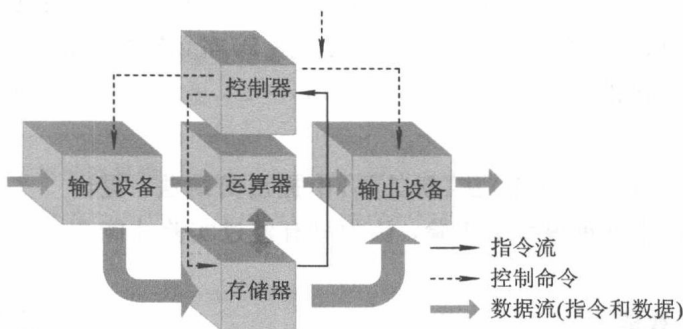


图1-3 冯·诺依曼计算机结构



## 6. MP 模型

1943 年, McCulloch 和 Pitts 建立了神经网络数学模型, 如图 1-4 所示, 通过模拟人脑实现智能, 开创了人工神经网络的研究。

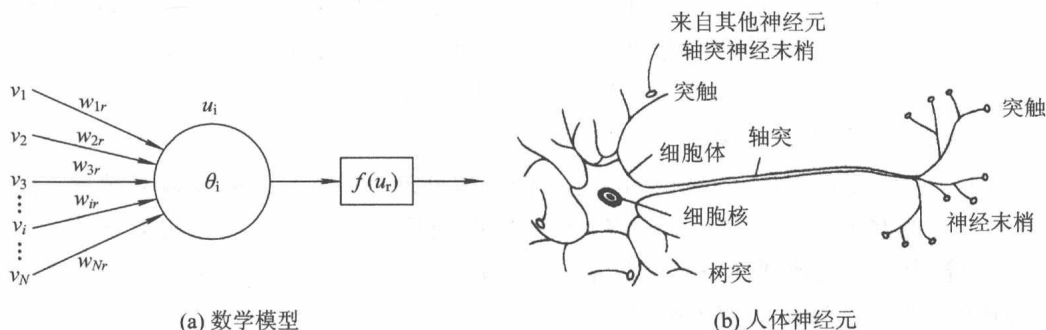


图 1-4 神经网络数学模型与人体神经元

## 7. Wiener 控制论

Wiener 曾研究计算机如何能像大脑一样工作, 并发现了二者的相似性。Wiener 认为, 计算机是一个进行信息处理和信息转换的系统, 只要这个系统能得到数据, 机器本身就应该能做几乎任何事情, 而且计算机本身并不一定要由齿轮、导线、轴、电机等部件制成。麻省理工学院的一位教授为了证实维纳的这个观点, 甚至用石块和卫生纸卷制造过一台简单的能运行的计算机。

## 8. 英国数学家、逻辑学家 Boole

Boole 实现了莱布尼茨的思维符号化和数学化的思想, 提出了一种崭新的代数系统——布尔代数。布尔利用代数语言使逻辑推理变得更简洁清晰, 从而建立起一种逻辑科学, 其方法不但使数学家耳目一新, 也让哲学家大为叹服。他为逻辑代数化作出了决定性的贡献, 他所建立的理论随着电子计算机的问世而得到迅速发展。

### 1.1.2 人工智能的诞生

#### 1. 导因

现实世界中相当多问题的求解都是复杂的, 常无算法可循, 即使有计算方法, 也是 NP (Non-deterministic Polynomial, 即多项式复杂程度的非确定性) 问题。为此, 人们可采用启发式知识进行问题求解, 将复杂的问题大大简化, 可在浩瀚的搜索空间中迅速找到解答, 运用专门领域的经验知识, 经常会获得有关问题的满意解, 而非数学上的最优解, 这就是启发式搜索。

## 2. 达特茅斯会议

1956年夏天，美国达特茅斯大学召开了一次影响深远的历史性会议。其主要发起人是该校的青年助教麦卡锡，参会学者的研究专业包括数学、心理学、神经生理学、信息论和电脑科学，学者们分别从不同的角度共同探讨了人工智能的可能性。达特茅斯会议历时长达两个多月，学者们在充分讨论的基础上，首次提出了“人工智能”(Artificial Intelligence, AI)这一术语，标志着人工智能作为一门新兴学科正式诞生。

## 3. 现代电脑的智能与人类智能

一方面，电脑能计算出10亿位的 $\pi$ 值，能快速处理全国人口普查的海量数据，能精确地控制宇宙飞船登上月球的每一个步骤，任何聪明绝顶的人在它面前都相形见绌；另一方面，电脑的智力水平连普通3岁孩童都不如。正如1980年国外有人给它下过一个通俗的定义：“快速的、按规矩行事的傻子机器”。

## 4. 生物智能

对于低级动物来说，它的生存、繁衍是一种智能。为了生存，它必须表现出某种适当的行为，如觅食、躲避危险、占领一定的地域、吸引异性以及生育和照料后代。因此，从个体的角度看，生物智能是动物为达到某种目标而产生正确行为的生理机制。

自然界智能水平最高的生物就是人类自身，其不但具有很强的生存能力，而且具有感受复杂环境、识别物体、表达和获取知识，以及进行复杂思维推理和判断的能力。

## 5. 人类智能

人类个体的智能是一种综合性能力。具体地讲，包括以下几方面能力：

- (1) 感知与认识事物、客观世界与自我的能力；
- (2) 通过学习取得经验、积累知识的能力；
- (3) 理解知识、运用知识及运用经验分析问题和解决问题的能力；
- (4) 联想、推理、判断、决策的能力；
- (5) 运用语言进行抽象、概括的能力；
- (6) 发现、发明、创造、创新的能力；
- (7) 实时地、迅速地、合理地应付复杂环境的能力；
- (8) 预测、洞察事物发展变化的能力。

## 6. 智能定义

智能是人类具有的特征之一，然而，对于什么是人类智能(或者说智力)，科学界至今还没有给出令人满意的定义。下面几种定义是目前使用较多的定义：

- (1) 从生物学角度定义为“中枢神经系统的功能”。
- (2) 从心理学角度定义为“进行抽象思维的能力”。
- (3) 有人同义反复地把它定义为“获得能力的的能力”。

(4) 智能是个体或群体在不确定的动态环境中作出适当反应的能力, 这种反应必须有赖于它(它们)实现其最终的行为目标。

(5) 智能是个体有目的的行为、合理的思维, 以及有效地适应环境的综合能力。通俗地讲, 智能是个体认识客观事物、客观世界和运用知识解决问题的能力。

需要注意的是, 智能是相对的、发展的。离开特定时间谈智能是困难的、没有意义的。

## 7. 人工智能

人工智能是相对人的自然智能而言的, 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, 实现智能行为和“机器思维”, 解决需要人类专家才能处理的问题。

人类的许多活动, 如解算题、猜谜语、讨论问题、编制计划和编写计算机程序, 甚至驾驶汽车和骑自行车等, 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”。

人工智能的产品有很多, 比如能够模拟人的思维, 进行博弈的计算机——“深蓝”, 能够进行深海探测的潜水机器人, 在星际探险的移动机器人, 如美国研制的火星探测车。

人工智能是人工制品(artifact)中所涉及的智能行为。其中, 智能行为包括感知(perception)、推理(reasoning)、学习(learning)、通信(communicating)和复杂环境下的动作行为(acting)。

## 8. 人工智能的特点与分支

### 1) 特点

人工智能具备推理、学习和联想的特点。

### 2) 分支

人工智能从一开始就形成了两种重要的研究范式, 即符号主义和联接主义。符号主义采用知识表达和逻辑符号系统来模拟人类的智能。联接主义则从大脑和神经系统的生理背景出发来模拟它们的工作机理和学习方式。符号主义试图对智能进行宏观研究, 而联接主义则是一种微观意义上的探索。

(1) 符号主义: 它认为人工智能源于数理逻辑。数理逻辑从 19 世纪末起获得了迅速发展; 到 20 世纪 30 年代开始用于描述智能行为。计算机出现后, 又在计算机上实现了逻辑演绎系统, 正是这些符号主义者, 后来又发展了启发式算法→专家系统→知识工程理论与技术, 并于 80 年代取得很大发展。符号主义曾长期一枝独秀, 为人工智能的发展作出了重要贡献, 这个学派的代表有纽厄尔、肖、西蒙和尼尔逊(Nilsson)。

(2) 联接主义: 它认为人工智能源于仿生学, 特别是人脑模型的研究。它的代表性成果是由生理学家麦卡洛克(McCulloch)和数理逻辑学家皮茨(Pitts)于 1943 年创立的脑模型,

即 MP 模型。二十世纪六七十年代，联接主义尤其对以感知机(perceptron)为代表的脑模型的研究出现过一股热潮。

### 例 1.1.2 感知器学习模型。

感知器学习模型如图 1-5 所示。

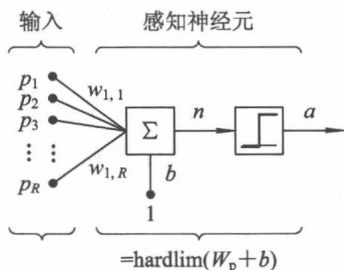


图 1-5 感知器学习模型

1986 年，鲁梅尔哈特(Rumelhart)等人提出了多层网络中的反向传播(BP)算法。此后，联接主义势头大振，从模型到算法，从理论分析到工程实现，为神经网络计算机走向市场打下了基础。现在，对 ANN(Artificial Neural Network, 人工神经网络)的研究热情依然不减。

## 9. 人工智能的目标

人工智能科学想要解决的问题，是让电脑也具有人类的听、说、读、写、思考、学习、适应环境变化、解决各种实际问题等能力。换言之，人工智能是电脑科学的一个重要分支，它的近期目标是让电脑更聪明、更有用，远期目标是使电脑变成“像人一样具有智能的机器”。

### 1.1.3 人工智能的发展

#### 1. 机器证明

赫伯特·西蒙等人合作编写的《逻辑理论机》，即数学定理证明程序，使机器迈出了逻辑推理的第一步。在卡耐基梅隆大学的计算机实验室，赫伯特·西蒙从分析人类解答数学题的技巧入手，让一些人对各种数学题作周密的思考，要求他们不仅要写出求解的答案，还要说出自己推理的方法和步骤。

经过反复的实验，纽厄尔和赫伯特·西蒙进一步认识到，人类证明数学定理时也有类似的思维规律，通过“分解”(把一个复杂问题分解为几个简单的子问题)和“代入”(利用已知常量代入未知的变量)等方法，用已知的定理、公理或解题规则进行试探性推理，直到所有的子问题最终都变成已知的定理或公理，从而解决整个问题。人类求证数学定理也是一种启发式搜索，与电脑下棋的原理异曲同工。