

人工智能与 信息感知

王 雪 编著

Artificial Intelligence
and Information Sensing

清华大学出版社



Artificial Intelligence and Information Sensing

人工智能与信息感知

王雪 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统全面地介绍了人工智能与信息感知理论与实践的内容。依据信息感知系统的组成、特点以及信息感知过程,以感知、融合、智能处理为主线,重点介绍了面向信息感知处理背景下的人工智能前沿理论与方法。内容包括:信息感知与数据融合基本原理与方法;神经计算基本方法,神经计算实现技术以及支持向量机;深度学习中典型神经网络实现及其应用;模糊逻辑计算中模糊逻辑与模糊推理、模糊计算实现和应用;进化计算中遗传算法、粒群智能、蚁群智能等方法和实例。

本书可作为高等院校电子、计算机、测控技术、自动化等相关专业本科生、研究生的教材,也可作为工程技术人员开展人工智能与信息感知实践的重要参考书。

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

人工智能与信息感知/王雪编著. —北京:清华大学出版社,2018

ISBN 978-7-302-49975-6

I. ①人… II. ①王… III. ①智能技术 IV. ①TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 067441 号

责任编辑:魏贺佳

封面设计:常雪影

责任校对:赵丽敏

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

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23

字 数:556千字

版 次:2018年6月第1版

印 次:2018年6月第1次印刷

定 价:89.00元

产品编号:077347-01



Foreword

人工智能研究正迅速发展,无论是学术界还是产业界都竞相关注。创新人工智能领域,探寻人工智能的根源,理解人类智能是未来人工智能领域的重大科学挑战。2006 年以来,以深度学习为代表的机器学习算法在机器视觉和语音识别等领域取得了极大的成功,使人工智能再次受到学术界和产业界的广泛关注。

人工智能是国际竞争的新焦点。作为引领未来的战略性技术之一,发展人工智能是提升国家核心竞争力、维护国家安全的重大战略。我国相继出台规划政策,围绕技术、人才、标准等进行部署,希望在新一轮科技领域中掌握主导权。

人工智能是经济发展的新引擎。作为新一轮产业变革的核心驱动力,人工智能释放历次科技革命和产业变革积蓄的巨大能量,并创造新的经济发展引擎,引发经济结构重大变革,深刻改变人类生产生活方式,实现社会生产力的整体跃升。

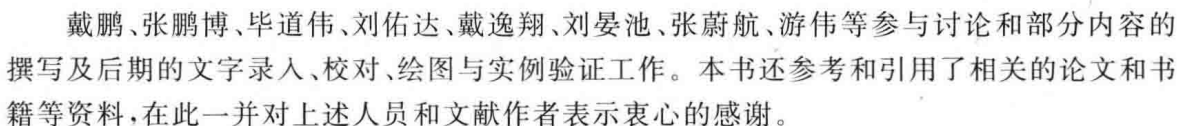
人工智能发展将从知识表达到大数据驱动知识学习,转向数据驱动和知识指导相结合;从数据分类处理迈向跨媒体认知、学习和推理;从智能机器、人机协同融合到增强智能;从个体智能到网络群体智能;从机器人走向引领社会和工业等领域的深度智能。

信息感知利用传感系统对被测对象变化进行测量,是信息处理的首要环节。信息感知测量系统具有“感、知、联”一体化的功能,涉及数据采集、数据传输与信息处理,具有包括信息采集、过滤、压缩、融合等环节。信息采集是获取测量信息,提高信息的准确性;信息过滤是对采集到的信息进行有效特征提取;信息压缩是实现冗余数据去除;信息融合是对多传感器感知的信息进行融合处理、识别或判别。

信息感知是人工智能与现实世界交互的基础和关键,是人工智能服务于工业社会的重要桥梁。人工智能通过对感知的信号与信息进行识别、判断、预测和决策,对不确定信息进行整理挖掘,实现高效的信息感知,让物理系统更加智能。人工智能与信息感知作为高度关注的热门领域,将两者进行有机结合具有重要的理论与应用价值。

本书作者于 2008 年出版了《测试智能信息处理》(清华大学出版社)一书,在此基础上根据当前国内外人工智能与信息感知领域发展趋势和研究成果进行了全面的拓展和修订,增加了信息感知与数据融合、深度学习等人工智能与信息感知技术。

本书以信息感知系统的感知、融合、人工智能处理为主线,介绍了人工智能与信息感知领域的前沿理论与方法。本书共分为 10 章。第 1 章是人工智能信息感知概述;第 2 章是信息感知与数据融合;第 3 章是神经计算基础;第 4 章是神经计算基本方法;第 5 章是深度学习;第 6 章是支持向量机;第 7 章是模糊逻辑与模糊推理基本方法;第 8 章是模糊计算实现;第 9 章是遗传算法;第 10 章是粒群智能。本书基本框架如下页图所示。



特别感谢我的妻子和女儿的鼓励与支持,还要感谢我的父母和所有给予我支持和帮助的朋友,谨以此书献给他们。

最后还要特别感谢清华大学出版社的张秋玲老师、刘嘉一老师,在本书的编写过程中他们给予了很多富有建设性的意见和建议。衷心感谢清华大学出版社的支持。

本书的出版得到了国家搞技术研究发展计划(“863”)、国家重点基础研究发展计划(“973”)、“十三五”国家重点研发计划等相关项目和国家自然科学基金项目(61272428、61472216)的支持,在此表示衷心感谢。

《人工智能与信息感知》涉及多个新兴交叉学科,新的理论、方法与应用层出不穷,有待进一步深入研究和探索,书中一些内容仅供读者参考。由于水平有限,时间仓促,书中不妥之处在所难免,希望读者朋友不吝赐教。

王雪

2018 年 2 月于清华园

第 1 章 概述	1
1.1 智能信息感知的产生及其发展	1
1.1.1 智能感知系统的组成与特点	1
1.1.2 智能计算的产生与发展	3
1.2 人工智能信息感知技术关键	6
1.2.1 神经计算技术	6
1.2.2 深度学习	7
1.2.3 模糊计算技术	9
1.2.4 进化计算技术	10
参考文献	12
第 2 章 信息感知与数据融合	14
2.1 概述	14
2.2 协作感知与数据融合	15
2.2.1 网络化智能协作感知	15
2.2.2 多传感器数据融合	19
2.3 多传感数据融合基本原理	21
2.3.1 多传感器数据融合目标	21
2.3.2 多传感器数据融合的层次与结构	21
2.3.3 数据融合中的检测、分类与识别算法	25
2.3.4 典型的数据融合方法	26
2.3.5 多传感器数据融合方法的特点	31
2.4 自适应动态数据融合方法	31



2.4.1 测量模型与方法简述	31
2.4.2 测量数据范围的推导	32
2.4.3 最优范围的确定	33
参考文献	34

第3章 神经计算基础 38

3.1 人工神经网络基础.....	38
3.1.1 人工神经网络的提出	39
3.1.2 人工神经网络的特点	44
3.1.3 历史回顾	46
3.1.4 生物神经网络	49
3.1.5 人工神经元	50
3.1.6 人工神经网络的拓扑特性	53
3.1.7 存储与映射	58
3.1.8 人工神经网络的训练	59
3.2 感知器.....	61
3.2.1 感知器与人工神经网络的早期发展	61
3.2.2 感知器的学习算法	62
3.2.3 线性不可分问题	66
参考文献	68

第4章 神经计算基本方法 69

4.1 BP 网络	69
4.1.1 BP 网络简介.....	69
4.1.2 基本 BP 算法	70
4.1.3 BP 算法的实现.....	76
4.1.4 BP 算法的理论基础.....	77
4.1.5 几个问题的讨论	81
4.2 径向基函数神经网络.....	82
4.2.1 函数逼近与内插	82
4.2.2 正规化理论	84
4.2.3 RBF 网络的学习	86
4.2.4 RBF 网络的一些变形	91
4.3 Hopfield 反馈神经网络	92
4.3.1 联想存储器	92
4.3.2 反馈网络	93
4.3.3 用反馈网络作联想存储器	98
4.3.4 相关学习算法.....	100
4.3.5 反馈网络用于优化计算.....	101

4.4	随机型神经网络	104
4.4.1	模拟退火算法	105
4.4.2	Boltzmann 机	108
4.4.3	Gaussian 机	120
4.5	自组织竞争网络	123
4.5.1	SOFM 网络结构	124
4.5.2	SOFM 网络的应用	126
4.5.3	ART 神经网络	128
4.6	神经网络计算的组织	130
4.6.1	输入层和输出层设计	130
4.6.2	网络数据的准备	132
4.6.3	网络初始权值的选择	134
4.6.4	隐层数及隐层节点设计	134
4.6.5	网络的训练、检测及性能评价	137
	参考文献	139
第 5 章 深度学习		142
5.1	深度学习概述	142
5.1.1	深度学习定义	142
5.1.2	深度学习特点	143
5.1.3	深度学习平台	143
5.2	自编码器	144
5.2.1	稀疏自编码器	144
5.2.2	多层自编码器表示	148
5.2.3	各类自编码器介绍	148
5.3	深度神经网络	150
5.3.1	多层神经网络近似定理	150
5.3.2	深度置信网络	151
5.3.3	深层玻尔兹曼机	153
5.3.4	深度神经网络结构分析	156
5.4	卷积神经网络	157
5.4.1	卷积与池化	157
5.4.2	卷积核	160
5.4.3	卷积神经网络结构	162
5.5	递归神经网络	163
5.5.1	展开计算图	163
5.5.2	回声状态网络	167
5.5.3	门控增强单元	168
5.5.4	长短时记忆单元	169

5.6	深度增强学习	170
5.6.1	增强学习	170
5.6.2	马尔可夫决策	171
5.6.3	决策迭代	172
5.6.4	Q-Learning 算法	174
5.6.5	深度增强网络	177
5.7	深度学习应用	179
5.7.1	视觉感知	179
5.7.2	语音识别	181
5.7.3	自然语言处理	182
5.7.4	生物信息处理	183
	参考文献	184
第 6 章	支持向量机	190
6.1	统计学习理论的基本内容	190
6.1.1	机器学习的基本问题	190
6.1.2	学习机的复杂性与推广能力	192
6.1.3	统计学习的基本理论	192
6.2	支持向量机	194
6.2.1	最大间隔分类支持向量机	194
6.2.2	软间隔分类支持向量机	196
6.2.3	基于核的支持向量机	196
6.3	多分类支持向量机	197
6.3.1	直接法	198
6.3.2	分解法	198
6.4	基于 SVM 的机械设备故障诊断	201
6.4.1	实验平台及故障信号获取	201
6.4.2	基于小波包变换的故障特征提取	202
6.4.3	基于多类分类 SVM 的故障诊断识别	204
	参考文献	206
第 7 章	模糊逻辑与模糊推理基本方法	207
7.1	模糊逻辑的历史	207
7.2	模糊集	209
7.3	隶属函数	213
7.3.1	隶属函数的几种确定方法	213
7.3.2	几种常用的隶属函数	215
7.3.3	模糊逻辑工具箱内置的隶属函数	217
7.4	模糊运算与模糊推理	219

第9章 遗传算法..... 266

9.1.5	模式定理	282
9.1.6	遗传算法的改进	285
9.1.7	遗传算法与函数最优化	291
9.1.8	遗传算法与系统辨识	295
9.1.9	遗传算法与神经控制	301
9.2	遗传优化算法的工程应用	305
9.2.1	遗传算法在无约束优化中的应用	305
9.2.2	遗传算法在非线性规划中的应用	308
	参考文献	312
第 10 章	粒群智能	314
10.1	引言	314
10.1.1	微粒群算法综述	314
10.1.2	微粒群算法的研究方向	315
10.2	微粒群算法的基本原理	316
10.2.1	引言	316
10.2.2	基本微粒群算法	317
10.2.3	基本微粒群算法的社会行为分析	318
10.2.4	带惯性权重的微粒群算法	320
10.3	改进微粒群算法	320
10.3.1	基本微粒群算法进化方程的改进	320
10.3.2	收敛性改进	324
10.4	微粒群算法的实验设计与参数选择	326
10.4.1	设计微粒群算法的基本原则与步骤	326
10.4.2	几种典型的微粒群模型及参数选择	329
10.5	基于微粒群算法的人工神经网络优化	333
10.5.1	神经网络的微粒群算法优化策略	333
10.5.2	协同微粒群算法优化神经网络	335
10.6	蚁群智能	336
10.6.1	双桥实验与随机模型	336
10.6.2	人工蚂蚁模型	340
10.6.3	蚁群优化元启发式算法	347
	参考文献	350

概 述

CHAPTER 1

1.1 智能信息感知的产生及其发展

1.1.1 智能感知系统的组成与特点

当前科技界普遍认为,信息技术由四大部分组成,即信息获取、信息传输、信息处理与信息应用。这四部分组成了一个如图 1.1 所示的信息链。信息链的源头——信息获取,属于测试与检测技术的研究范畴。

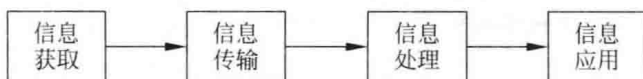


图 1.1 信息技术的四个组成部分及其信息链

测试与检测技术的基本任务是研究信息获取技术及信息相关物理量的测量方法,并解决如何准确获得和处理信息问题,为被测信号(或数据)正确、可靠的传输提供必要的技术支持。同时针对信息获取、变送传输、数据处理和执行控制等部分的需要,研究在相关的信号产生、对象追踪、状态反馈、信息传送、动作控制、结果输出等技术环节中应用的控制技术与方法。

测试与检测技术是一门工程应用技术,具有鲜明的时代性,其内涵随着科学技术的发展与时俱进。仪器已从单纯机械结构、机电结构发展成为集传感器技术、计算机技术、电子技术、现代光学、精密机械等多种高新技术于一身的产品,其用途也从单纯数据采集发展为集数据采集、信号传输、信号处理以及控制为一体的测控过程。进入 21 世纪以来,随着计算机

网络技术、软件技术、微纳米技术的发展,仪器技术出现了智能化、虚拟化、远程化和微型化的发展趋势。

测试与检测技术主要从信息获取技术上掌握相关物理量的测量方法并解决如何准确获得信息的信号与数据处理方法问题,为被测信号(或数据)正确、可靠的传输提供必要的技术支持。测试与检测技术所涉及的控制是针对信息获取、变送传输、数据处理和执行控制等部分的需要,研究在相关的信号产生、对象跟踪、状态反馈、信息传送、动作控制、结果输出等技术环节中应用的控制技术与方法。仪器测试技术则体现了该学科系统性、完整性、集成性的特征。

测试与检测技术的实质是信息获取、信息处理、信息利用的工具,是研究以获取信息为目的的信息转换、处理、传输、存储、显示与应用等技术与应用科学。

著名科学家钱学森明确指出:“发展高新技术信息技术是关键,信息技术包括测量技术、计算机技术和通信技术。测量技术是关键和基础。”而测试与检测技术是其中的一项重要内容。

智能感知系统是对物质世界的信息进行测量与控制的基础手段和设备,因而美国商务部报告在关于新兴数字经济部分提出,信息产业包括计算机软硬件行业、通信设备制造及服务行业、仪器仪表测试行业。信息技术包括信息获取、信息处理、信息传输与信息应用四部分内容。其中,信息的获取是靠仪器测试来实现的。测试技术中的传感器、信号采集系统就是完成这一任务的具体器件。如果不能获取信息,或信息获取不准确,那么信息的存储、处理、传输都是毫无意义的。因而,信息获取是信息技术的基础,是信息处理、信息传输和信息应用的前提。测试与检测技术是获取信息的工具,没有仪器测试,进入信息时代将是不可能的。因而,测试与检测技术是信息技术中“信息获取—信息处理—信息传输—信息应用”的源头技术,也是信息技术中的关键技术。

一般来说,感知测量系统由传感器、中间变换装置和显示记录存储装置三部分组成,如图 1.2 所示。

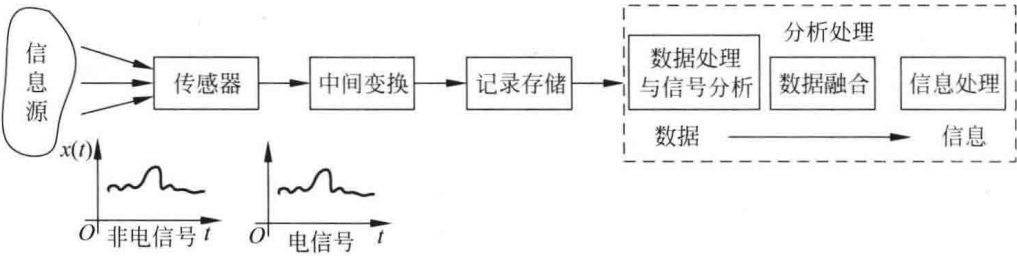


图 1.2 信息-信号的转换、传输与处理过程

感知测量系统中的记录存储部分主要以计算机为主体构成。若想对测量的数据进行处理,首先要进行信号分析,如通常采用快速傅里叶变换(FFT)、频谱分析、小波分析等;感知测量系统要对来自多个传感器检测到的信号进行数据处理,需要进行数据融合完成对信号的深入分析,在此基础上采用智能计算方法进行信息处理,进而实现感知测量系统的最终测量目标。

感知是人类认识自然、掌握自然规律的实践途径之一,是科学研究中获得感性材料、接受自然信息的途径,是形成、发展和检验自然科学理论的实践基础。测试属于信息科学范

畴,又被称为信息探测工程学。

信息,一般可理解为消息、情报或知识,例如语言文字是社会信息,商品报道是经济信息,遗传密码是生物信息等。然而,从物理学观点出发来考察,信息是物质所固有的,是其客观存在或运动状态的特征。信息本身不是物质,不具有能量,但信息的传输却依靠物质能量。一般来说,传输信息的载体称为信号,信息蕴涵于信号之中。

人类认识世界,是以感官感知自然信息开始的。物质的颜色、形状、声响、温度变化,可以由人的视觉、听觉、触觉等器官感知,但人的感官感知事物的变化有局限性,人类感官的延伸——传感器,是近代信息探测工程学中的重要内容,传感技术的发展,扩展了人类感知信息的智能。

信息感知涉及任何一项工程领域,无论是生物、海洋、气象、地质、雷达、通信以及机械、电子等工程,都离不开信息感知与处理。

按照信号变化的物理性质,可分为非电信号与电信号。例如,随时间变化的力、位移、加速度等,称为非电信号;而随时间变化的电压、电流、电荷等,则称为电信号。电信号与非电信号可以比较方便地互相转换,因此,在工程中常常将各种非电物理量变换为电信号,以利于信息的传输、存储和处理。

工程中的信息感知与处理,是指从传感器第一次敏感元件获得初始信息,采用一定设备手段进行分析处理的过程,包括了信息的获取、传输、转换、分析、变换、处理、检测、显示及应用等过程。通常又把研究信号的构成和特征值的过程称为信号分析;把信号再经过必要的加工变换,以期获得有用信息的过程称为信号处理。信号分析对信号本身的信息结构没有影响,而信号处理过程中,往往有可能使信号本身的信息结构有所改变。传感器是感知测量系统中的信息敏感和检测部件,它直接感受被测信息并输出与其成一定比例关系的物理量(信号),以满足系统对信息传输、处理、记录、显示和控制的要求。

人们常常习惯于把传感器比作人的感官,计算机比作人的大脑。因此,信息感知与计算机技术的发展促进了信息感知系统的智能化。从信息化角度出发,“智能”应体现在三个方面,即:感知,信息的获取;思维,信息的处理;行为,信息的利用。

人工智能与信息感知如图 1.3 所示,由应用层、感知层与信息层三个层次组成。其中,应用层面向实际应用对象,涵盖了安防监控、环境监测、智能制造、智慧城市等被测的物理环境对象;感知层基于传感网与物联网对应用层的物理环境对象进行信息的感知,信息感知涵盖了数据融合的基础理论,采用了协作感知、自适应融合、统计与估计、特征推理的理论和方法;信息层基于信息感知的数据,采用神经网络、深度学习、进化计算、粒群智能、模糊逻辑、支持向量机等人工智能的理论和方法,实现了智慧感知。

1.1.2 智能计算的产生与发展

智能计算是人工智能信息感知的核心技术。20 世纪 90 年代以来,在人工智能与信息感知研究的纵深发展过程中,人们特别关注到精确处理与非精确处理的双重性,强调符号物理机制与连接机制的综合,倾向于冲破“物理学式”框架的“进化论”新路,一门称为智能计算(computational intelligence, CI)的新学科分支被概括地提出并以更加明确的目标蓬勃发展。

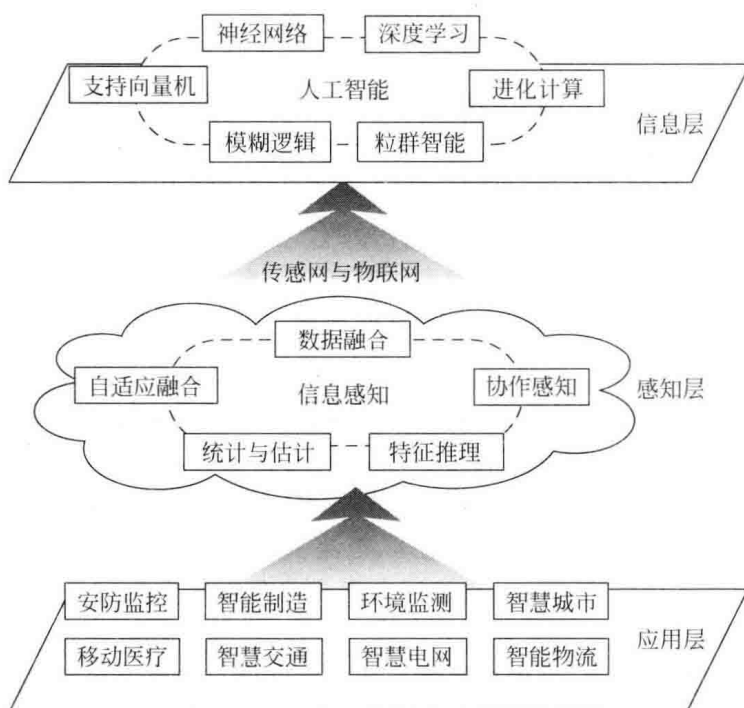


图 1.3 人工智能与信息感知框架

美国的 James C. Bezdek 教授首次提出了智能计算的定义。他在《国际近似推理杂志》上论道：智能计算依靠生产者提供的数字材料，而不是依赖于知识，而人工智能使用的是知识精华。Bezdek 还说：人工神经网络应称为计算神经网络，即“人工”两字应改为“计算”。在人工智能 (artificial intelligence, AI) 和智能计算 CI 的关系上，Bezdek 认为 CI 是 AI 的子集，即 $CI \in AI$ 。J. C. Bezdek 在题为“什么是智能计算”的报告中讲到：智能有三个层次，第一层是生物智能 (biological intelligence, BI)，它是由人脑的物理化学过程反映出来的，人脑是有机物，它是智能的物质基础。第二层是人工智能，它是非生物的，是人造的，常用符号表示，AI 的来源是人的知识精华和传感器数据。第三层是智能计算，它是由数学方法和计算机实现的，CI 的来源是数值计算和传感器。以上三者第一个英文字符取出来称之为 ABC。显然，从复杂性看有三个层次，即 B(有机)、A(符号)、C(数值)，而且 BI 包含了 AI，AI 又包含了 CI。

根据 Bezdek 的看法，AI 是 CI—BI 的中间过渡，因为 AI 中除了计算算法外，还包含符号表示和数值信息处理。模糊集和模糊逻辑是 CI—AI 的平滑过渡，因为它包含了数值信息和语义信息。他还认为：计算神经网络是一个最底层最基本的环节，也是 CI 的一个重要基石，主要用于模式识别，由以下四个点决定：功能、结构（联接拓扑和更新策略）、形式（集成和传递的节点函数式）、数据（用于训练/测试的数据）。按以上几点，计算神经网络有多种形式，如前馈、自组织以及与模糊结合的模糊神经网络等。

目前国际上提出智能计算就是以人工神经网络为主导，与模糊逻辑系统、进化计算以及信号与信息处理学科的综合集成。新一代的智能计算信息处理技术应是神经网络、模糊系统、进化计算、混沌动力学、分形理论、小波变换、人工生命等交叉学科的综合集成。

尽管对智能计算的定义、内容以及与其他智能学科分支的关系尚没有统一的看法，但智

能计算的下列两个重要特征却是人们比较共同的认识:

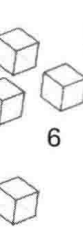
智能计算与传统人工智能不同,主要依赖的是生产者提供的数字材料,而不是依赖于知识;它主要借助数学计算方法(特别是与数值相联系的计算方法)的使用。这就是说,一方面,CI 的内容本身具有明显的数值计算信息处理特征;另一方面,CI 强调用“计算”的方法来研究和处理智能问题。需强调的是,CI 中计算的概念在内涵上已经加以拓广和加深。一般地,在解空间进行搜索的过程都被称为计算。深度学习近年来的发展,深度学习拓宽了神经网络的应用范围,特别是面向大数据的信息挖掘与分析,包括图像处理、自动驾驶以及自然语言处理等领域。

智能计算发展的重要方向之一就是不断引进深入的数学理论和方法,以“计算”和“集成”作为学术指导思想,进行更高层次的综合集成研究。目前的研究方向不仅突破了模型及算法层次的综合集成的模式,而且已经进入了感知层与认知层的综合集成。

智能信息感知可以划分为两大类,一类为基于传统计算机的信息处理,另一类为基于神经网络和深度学习的智能信息感知。基于传统计算机的信息处理系统包括智能仪器、自动跟踪监测仪器系统、自动控制制导系统、自动故障诊断系统等。在人工智能系统中,它们具有模仿或代替与人的思维有关的功能,通过逻辑符号处理系统的推理规则来实现自动诊断、问题求解以及专家系统的智能。这种智能实际上体现了人类的逻辑思维方式,主要应用串行工作程序按照一些推理规则一步一步进行计算和操作,目前应用领域很广。

人工神经网络是模仿延伸人脑认知功能的新型智能信息处理系统。由于大脑是人的智能、思维、意识等一切高级活动的物质基础,构造具有脑智能的人工智能信息处理系统,可以解决传统方法所不能或难以解决的问题。以联接机制为基础的神经网络具有大量的并行性、巨量的互连性、存储的分布性、高度的非线性、高度的容错性、结构的可变性、计算的非精确性等特点,它是由大量的简单处理单元(人工神经元)广泛互连而成的一个具有自学习自适应和自组织性的非线性动力系统,也是一个具有全新计算结构模型的智能信息处理系统。它可以模仿人脑处理不完整的、不准确的信息,甚至具有处理非常模糊的信息的能力。这种系统能联想记忆和从部分信息中获得全部信息。由于其非线性,当不同模式在模式特征空间的分界面极为复杂时,仍能进行分类和识别。由于其自适应自学习功能,系统能从环境及输入中获取信息来自动修改网络结构及其连接强度,以适应各种需要而用于知识推广及知识分类。由于分布式存储和自组织性,而使系统连接线即使被破坏了 50%,它仍能处在优化工作状态,这在军事电子系统设备中有着特别重要的意义。因此,基于神经计算的智能信息处理是模拟人类形象思维、联想记忆等高级精神活动的人工智能信息处理系统。以概率统计为基础的支持向量机理论和主分量分析方法已经迅速得到发展和应用,成为神经计算中一个崭新的研究热点和应用方法。深度学习,也是最重要的人工智能实现方法之一。深度学习将特征与分类器结合到一个框架中,是一种自动学习特征的方法。它是基于数据特征的自学习性,提高了特征提取的效率,具有更强的特征表达能力,可实现大规模数据的学习和表达。

模糊逻辑及其模糊推理得到迅速发展和应用,为模糊计算提供了新的扩展空间和处理知识的方法。进化计算作为人工智能中的另一重要发展分支迅速发展,在传统遗传算法的基础上又在群智能的理论和方法方面有所突破。粒群智能和蚁群智能已经建立了较为完整的理论方法体系,为大数据环境下的分析和决策起到重要作用。



1.2 人工智能信息感知技术关键

1.2.1 神经计算技术

脑神经系统是以离子电流机构为基础的由神经细胞组成的非线性的(nonlinear)、适应的(adaptive)、并行的(parallel)和模拟的(analog)网络(network),简称 NAPAN。在脑神经系统中,信息的收集、处理和传送都在细胞上进行。各个细胞基本上只有兴奋与抑制两种状态。神经细胞的响应速度是毫秒级,比半导体器件要慢得多。神经细胞主要依靠网络的超并行性来实现高度的实时信息处理和信息表现的多样性。神经细胞上的突触机构具有很好的可塑性。这种可塑性使神经网络具有记忆和学习功能。突触结合的连接形成了自组织特性,并随学习而变化,使神经网络具有强大的自适应功能。

由于脑神经系统的复杂性,至今还没有可用于分析和设计 NAPAN 的理论。尽管人们早已经知道在人的大脑中存在着 NAPAN,但由于研究 NAPAN 的难度很大,而且电子计算机的功能已经十分强大,因而人们一直未能对它进行深入的研究。只有在开始注重到数字计算机的局限性的今天,人们才感到必须研究 NAPAN,希望通过它能实现崭新的超并行模拟计算机。

神经科学已经从分子水平到细胞水平分析了神经元的详细构造和功能,对脑神经系统所实现的信息处理的基本性质的理解也逐步深入。然而,即使细胞的结构以及生理的和物理的机理都弄清楚了,但对涉及 140 亿个神经细胞所组成的脑神经系统的超并行性、层次和分布式构造所形成的系统本质特性人们还知之甚少。目前,需要从系统论的立场出发来研究复杂的 NAPAN。在网络层次上弄清其功能和信息处理原理,确定使其体系化的理论。

神经网络模型和学习算法的研究把许多简单的神经细胞模型并行分层相互结合成网络模型,提供了信息处理的有效手段,为建立 NAPAN 理论提供了新途径。人工神经网络是对真实脑神经系统构造和功能予以极端简化的模型。对神经网络的研究,有助于人类对 NAPAN 的理解,有助于探明大脑的信息处理方式,建立脑的模型,进一步弄清脑的并行信息处理的基本原则,并从应用角度寻求其工程实现的方法。

神经网络的主要特征是大规模的并行处理、分布式的信息存储、良好的自适应性、自组织性以及很强的学习功能、联想功能和容错功能。与冯·诺依曼计算机相比,神经网络的信息处理模式更加接近人脑。主要表现在以下 7 个方面:

(1) 能够处理连续的模拟信号(例如连续变换的图像信号);

(2) 能够处理不精确的、不完全的模糊信息;

(3) 冯·诺依曼计算机给出的是精确解,神经网络给出的是次最优的逼近解;

(4) 神经网络并行分布工作,各组成部分同时参与运算,单个神经元的动作速度不快,但网络总体的处理速度极快;

(5) 神经网络具有鲁棒性,即信息分布于整个网络各个权重变换之中,某些单元的障碍不会影响网络的整体信息处理功能;

(6) 神经网络具有较好的容错性,即在只有部分输入条件,甚至包含了错误输入条件的情况下,网络也能给出正确的解;