



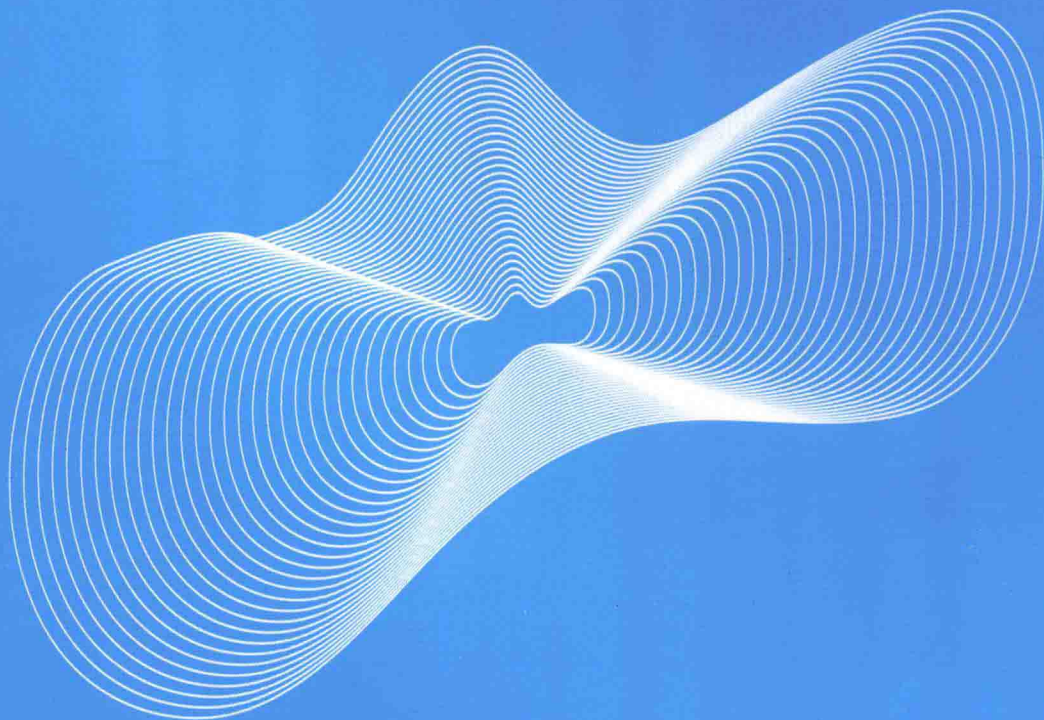
高等院校信息类新专业规划教材

大数据和人工智能技术丛书

INTRODUCTION TO
ARTIFICIAL INTELLIGENCE

人工智能导论

刘刚 张杲峰 周庆国 ©编著



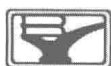
北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



高等院校信息类新专业规划教材
大数据和人工智能技术丛书

人工智能导论

刘 刚 张杲峰 周庆国 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

理论和实践的紧密结合是人工智能领域的显著特点。为了降低初学者的学习门槛,引导初学者了解人工智能的基本概念,并以实际应用促进感性认知,我们编写了本书。

本书共7章。第1章介绍人工智能的发展、概念以及典型应用;第2章介绍知识表示方法和搜索技术;第3章介绍Python编程的基本知识,作为后续内容的程序设计基础;第4章和第5章介绍分类与聚类以及回归等方法;第6章介绍神经网络的原理和方法;第7章简要介绍最热门的深度学习技术。第4~6章在原理讲解的同时,给出了程序示例,以增强感性认识,并引导初学者在实践中理解理论和方法。

本书可以作为人工智能、大数据及相关专业本科生的基础导论课程教材,也可以作为其他学科研究人员学习人工智能技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

人工智能导论 / 刘刚, 张杲峰, 周庆国编著. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2020.8

ISBN 978-7-5635-6113-1

I. ①人… II. ①刘… ②张… ③周… 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(2020)第118035号

策划编辑: 姚 顺 刘纳新 责任编辑: 刘春棠 封面设计: 柏拉图

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 保定市中华美凯印刷有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 11.25

字 数: 236千字

版 次: 2020年8月第1版

印 次: 2020年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-6113-1

定价: 32.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

大数据和人工智能技术丛书

顾问委员会

吴奇石 黄永峰 吴 斌 欧中洪

编委会

名誉总主编：马少平

总 主 编：许云峰 徐 华

编 委：康艳梅 朱卫平 沈 炜 冷 飏
孙 艺 高 慧 高 崇 刘 刚

总 策 划：姚 顺

秘 书 长：刘纳新

20 世纪 40 年代以来，以电子、通信、计算机和网络技术为标志的第三次技术革命将人类文明带入信息时代，世界正在进入以信息产业为主导的新经济发展时期，越来越多地依靠信息资源的开发来精确调控物质资源和能量资源的使用。人工智能作为新一代信息技术的标志，是信息技术发展和信息社会需求达到一定阶段的产物。

随着 AlphaGo 的出现，人工智能得到了空前的关注，特别是在大数据、“互联网+”等技术驱动之下，已成为推动新一轮产业和科技革新的动力，占据着国家战略制高点的地位。目前，人工智能已列入我国战略性发展学科中，并成为当前的热门学科之一。面对这种形势，迫切需要编写适应当前发展要求的人工智能基础性读物，它既可以作为人工智能人才培养的基础性教材，也可作为人工智能研究、开发、应用人员从事实际工作的辅导性读物，它就是《人工智能导论》。

人工智能是一门研究机器智能的学科，即人工的方法和技術，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、自动规划和机器人等领域。

在编写本书的过程中，结合多年的教学经验，首先，我们注重教材的现代性，从目前市场上看有关人工智能导论、人工智能原理之类的教材还是很多的，但仔细探究就会发现适应当前人工智能发展需求的教材并不多，现在人工智能已进入第三个发展

时期，并已形成“新一代人工智能”，这个时期人工智能的技术发展特点体现在以深度学习（特别是其中的卷积神经网络）为代表的机器学习方法的技术内容上；其次，我们注重教材的实用性，从人工智能发展的经验与教训看，应用的受限一直是人工智能发展的瓶颈，每当人工智能应用受到阻碍时就出现了人工智能发展的低潮，要保持人工智能的发展必须不断促使人们能够将人工智能相关理论方法与实践操作结合起来，这样才能使人们对于人工智能未来的发展有明晰的理解，明确今后努力的方向；最后，我们也注重教材的引导性，本书是人工智能的基础性读物，它具有“入门性”与“引导性”作用。由于人工智能是一门学科，其内容涉及从理论、开发到应用，从上游、中游到下游等多方面，但它不是一本百科全书，在编写中必须坚持其“入门性”与“引导性”原则，既要让读者对于人工智能学科有一个全面、整体、系统的了解与认识，也要在全面介绍的基础上，突出介绍具有新一代技术发展特点的机器学习内容，同时通过实例让读者能够进行实践性学习。

基于上述的考虑，本书内容紧跟人工智能主流技术，选取了机器学习领域的典型案例，培养读者思考和实践如何利用人工智能的手段解决常见的机器学习任务。同时，本书采用 Python 作为讲授计算思维和人工智能的载体。Python 语言俗称黏性语言或胶水语言，由于其语法简单、功能强大、编写简洁、可读性好，能够用简单的语法结构封装各编程语言优秀的程序代码，已成为各行业应用开发的首选编程语言。世界著名大学如斯坦福大学、卡内基梅隆大学、普林斯顿大学等都将其作为面向计算机专业和非计算机专业学生的教学语言。

本书通过案例引导的编写方式，将相关方法拆解成相对独立的单元任务，教师可以根据学生特点分层次实施不同任务，便于分层次组织教学和因材施教，同时学生也能够根据自己的兴趣，选择学习相关案例。

本书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。

本书的编写得到了世界一流大学建设高校兰州大学各级领导的支持与帮助，同时，

兰州大学信息科学与工程学院的魏文浩同学做了大量的工作，在此一并表示感谢。

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。又由于作者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

第 1 章 绪论	1
1.1 人工智能的历史及概念	1
1.1.1 人工智能的起源与历史	1
1.1.2 人工智能的概念	3
1.1.3 人工智能的特征	4
1.2 人工智能关键技术	6
1.2.1 机器学习	6
1.2.2 知识图谱	8
1.2.3 自然语言处理	9
1.2.4 人机交互	10
1.2.5 计算机视觉	12
1.2.6 生物特征识别	13
1.2.7 虚拟现实/增强现实	15
1.3 人工智能产业现状及趋势	16
1.3.1 智能基础设施	17
1.3.2 智能信息及数据	18
1.3.3 智能技术服务	18
1.3.4 人工智能行业应用	18
1.3.5 人工智能产业发展趋势	21
1.4 安全、伦理、隐私问题	21
1.4.1 人工智能的安全问题	22
1.4.2 人工智能的伦理问题	23
1.4.3 人工智能的隐私问题	24

1.5 人工智能专业课程体系	24
1.6 本章小结	26
习题	26
第 2 章 知识表示方法及搜索方法	27
2.1 知识表示方法	27
2.1.1 状态空间法	27
2.1.2 问题归约法	29
2.1.3 与或图表示法	31
2.1.4 谓词逻辑法	33
2.1.5 语义网络法	36
2.1.6 其他方法	38
2.2 搜索技术	43
2.2.1 图搜索策略	43
2.2.2 盲目搜索	44
2.2.3 启发式搜索	47
2.2.4 A* 算法	50
2.3 本章小结	52
习题	52
第 3 章 Python 编程简介	53
3.1 IPython 及其使用	53
3.1.1 IPython 控制台	53
3.1.2 语句与表达式	54
3.1.3 错误信息	58
3.1.4 模块	59
3.2 数据结构	59
3.2.1 对象和方法	60
3.2.2 列表	60
3.2.3 数组	62
3.3 程序控制	68
3.3.1 分支结构	68
3.3.2 循环结构	71
3.4 脚本	73

3.4.1 脚本设计	73
3.4.2 脚本执行	74
3.5 输入、输出与可视化	75
3.5.1 输入与输出	75
3.5.2 数据可视化	78
3.6 本章小结	81
习题	82
第4章 分类与聚类	83
4.1 K最近邻算法	83
4.1.1 算法概述	83
4.1.2 基本思想	84
4.1.3 算法实践	84
4.2 朴素贝叶斯	86
4.2.1 算法概述	86
4.2.2 基本思想	86
4.2.3 算法实践	87
4.3 决策树	90
4.3.1 算法概述	91
4.3.2 基本思想	91
4.3.3 构造方法	91
4.3.4 算法实践	92
4.4 随机森林	94
4.4.1 算法概述	94
4.4.2 基本思想	94
4.4.3 算法实践	94
4.5 K均值聚类算法	96
4.5.1 算法概述	97
4.5.2 算法实践	97
4.6 本章小结	98
习题	98
第5章 回归	99
5.1 一元线性回归	99

5.1.1 线性关系	99
5.1.2 一元线性回归	101
5.2 多元线性回归	106
5.3 梯度下降法	108
5.3.1 梯度下降法的原理	108
5.3.2 基于梯度下降法的多元线性回归	110
5.4 Logistic 回归	111
5.4.1 Logistic 回归模型	111
5.4.2 Logistic 回归应用	113
5.5 本章小结	117
习题	117
第 6 章 人工神经网络	119
6.1 感知机	119
6.1.1 感知机模型	119
6.1.2 感知机学习策略	120
6.1.3 应用感知机进行分类	124
6.1.4 感知机的局限性	127
6.2 多层感知机	127
6.2.1 多层感知机模型	127
6.2.2 多层感知机的训练——BP 算法	129
6.3 多层感知机的应用	131
6.3.1 多层感知机逼近 XOR 问题	131
6.3.2 多层感知机识别手写数字	135
6.4 其他神经网络	140
6.4.1 递归神经网络	140
6.4.2 霍普菲尔德网络	141
6.4.3 玻尔兹曼机	143
6.4.4 自组织映射	144
6.5 本章小结	144
习题	145
第 7 章 深度学习	146
7.1 深度学习的历史和定义	146

7.1.1 深度学习的历史	146
7.1.2 深度学习的定义	148
7.2 深度学习模型	149
7.2.1 深度信念网络	149
7.2.2 卷积神经网络	151
7.2.3 长短时记忆	153
7.2.4 对抗生成网络	155
7.3 深度学习主要开发框架	156
7.3.1 Tensorflow	156
7.3.2 PyTorch 与 Caffe 2	157
7.3.3 飞桨	158
7.3.4 Keras	159
7.4 深度学习的应用	160
7.4.1 计算机视觉	160
7.4.2 语音与自然语言处理	160
7.4.3 推荐系统	160
7.4.4 自动驾驶	161
7.4.5 风格迁移	161
7.5 深度学习的展望	162
7.6 本章小结	163
习题	164
参考文献	165

第 1 章

绪论

本章介绍人工智能的定义、发展概况及其认知观,并阐述其成功应用的领域和方法、近期的历史和未来的前景。

1.1 人工智能的历史及概念

1.1.1 人工智能的起源与历史

人工智能始于 20 世纪 50 年代,至今大致分为三个发展阶段:第一阶段为 20 世纪 50—80 年代。这一阶段人工智能刚诞生,基于抽象数学推理的可编程数字计算机已经出现,符号主义(Symbolism)快速发展,但由于很多事物不能形式化表达,建立的模型存在一定的局限性。此外,随着计算任务的复杂性不断加大,人工智能发展一度遇到瓶颈。第二阶段为 20 世纪 80—90 年代末。在这一阶段,专家系统得到快速发展,数学模型有重大突破,但由于专家系统在知识获取、推理能力等方面的不足以及开发成本高等原因,人工智能的发展又一次进入低谷期。第三阶段为 21 世纪初至今。随着大数据的积聚、理论算法的革新、计算能力的提升,人工智能在很多应用领域取得了突破性进展,迎来了又一个繁荣时期。

长期以来,制造具有智能的机器一直是人类的梦想。早在 1950 年,Alan Turing 在《计算机与智能》中就阐述了对人工智能的思考。他提出的图灵测试是机器智能的重要测量手段,后来还衍生出了视觉图灵测试等测量方法。1956 年,“人工智能”这个词首次出现在达特茅斯会议上,

标志着其作为一个研究领域的正式诞生。人工智能发展潮起潮落的同时,基本思想可大致划分为四个流派:符号主义(Symbolism)、连接主义(Connectionism)、行为主义(Behaviourism)和统计主义(Statisticsism)。这四个流派从不同侧面抓住了智能的部分特征,在“制造”人工智能方面都取得了里程碑式的成就。

1959年,Arthur Samuel提出了机器学习的概念,机器学习将传统的制造智能演化为通过学习能力来获取智能,推动人工智能进入了第一次繁荣期。20世纪70年代末期专家系统的出现实现了人工智能从理论研究走向实际应用、从一般思维规律探索走向专门知识应用的重大突破,将人工智能的研究推向了新高潮。然而,机器学习的模型仍然是“人工”的,也有很大的局限性。随着专家系统应用的不断深入,专家系统本身存在的知识获取难、知识领域窄、推理能力弱、实用性差等问题逐步暴露。从1976年开始,人工智能的研究进入长达6年的萧瑟期。

20世纪80年代中期,随着美国、日本立项支持人工智能研究,以及以知识工程为主导的机器学习方法的发展,出现了具有更强可视化效果的决策树模型和突破早期感知机局限的多层人工神经网络,由此带来了人工智能的又一次繁荣期。然而,当时的计算机难以模拟复杂度高及规模大的神经网络,仍有一定的局限性。1987年由于LISP机市场崩塌,美国取消了人工智能预算,日本第五代计算机项目失败并退出市场,专家系统进展缓慢,人工智能又进入了萧瑟期。

1997年,IBM深蓝(Deep Blue)战胜国际象棋世界冠军Garry Kasparov。这是一次具有里程碑意义的成功,它代表了基于规则的人工智能的胜利。2006年,在Hinton和他的学生的推动下,深度学习开始备受关注,为后来人工智能的发展带来了重大影响。从2010年开始,人工智能进入爆发式的发展阶段,其最主要的驱动力是大数据时代的到来,运算能力及机器学习算法得到提高。人工智能快速发展,产业界也开始不断涌现出新的研发成果:2011年,IBM Watson在综艺节目《危险边缘》中战胜了最高奖金得主和连胜纪录保持者;2012年,谷歌大脑通过模仿人类大脑在没有人类指导的情况下,利用非监督深度学习方法从大量视频中成功学习到识别出一只猫的能力;2014年,微软公司推出了一款实时口译系统,可以模仿说话者的声音并保留其口音;2014年,微软公司发布全球第一款个人智能助理微软小娜;2014年,亚马逊发布迄今为止最成功的智能音箱产品Echo和个人助手Alexa;2016年,谷歌AlphaGo机器人在围棋比赛中击败了世界冠军李世石;2017年,苹果公司在原来个人助理Siri的

基础上推出了智能私人助理 Siri 和智能音响 HomePod。

目前,世界各国都非常重视人工智能的发展。2017年6月29日,首届世界智能大会在天津召开。中国工程院院士潘云鹤在大会主论坛作了题为《中国新一代人工智能》的主题演讲,报告中概括了世界各国在人工智能研究方面的战略:2016年5月,美国白宫发表了《为人工智能的未来做好准备》;英国在2016年12月发布了《人工智能:未来决策制定的机遇和影响》;法国在2017年4月制定了《国家人工智能战略》;德国在2017年5月颁布了全国第一部自动驾驶的法律;在中国,据不完全统计,2017年运营的人工智能公司接近400家,行业巨头百度、腾讯、阿里巴巴等都不断在人工智能领域发力。从数量、投资等角度来看,自然语言处理、机器人、计算机视觉成为人工智能最为热门的三个产业方向。

1.1.2 人工智能的概念

人工智能作为一门前沿交叉学科,其定义一直有不同的观点:《人工智能——一种现代方法》中将已有的一些人工智能定义分为四类:像人一样思考的系统、像人一样行动的系统、理性地思考的系统、理性地行动的系统。维基百科上定义“人工智能就是机器展现出的智能”,即只要是某种机器,具有某种或某些“智能”的特征或表现,都应该算作“人工智能”。《大英百科全书》则限定人工智能是数字计算机或者数字计算机控制的机器人在执行智能生物体才有的一些任务上的能力。百度百科定义人工智能是“研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学”,将其视为计算机科学的一个分支,指出其研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。

人工智能的定义对人工智能学科的基本思想和内容做出了解释,即围绕智能活动而构造的人工系统。人工智能是知识的工程,是机器模仿人类利用知识完成一定行为的过程。根据人工智能是否能真正实现推理、思考和解决问题,可以将人工智能分为弱人工智能和强人工智能。

弱人工智能是指不能真正实现推理和解决问题的智能机器,这些机器表面看像是智能的,但是并不真正拥有智能,也不会有自主意识。迄今为止的人工智能系统都还是实现特定功能的专用智能,而不是像人类智能那样能够不断适应复杂的新环境并不断涌现出新的功能,因此都还是弱人工智能。目前的主流研究仍然集中于弱人工智能,并取得了显著进步,如语音识别、图像处理和物体分割、机器翻译等方面取得了重大突破,

甚至可以接近或超越人类水平。

强人工智能是指真正能思维的智能机器,并且认为这样的机器是有知觉和自我意识的,这类机器可分为类人(机器的思考和推理类似人的思维)与非类人(机器产生了和人完全不一样的知觉和意识,使用和人完全不一样的推理方式)两大类。从一般意义来说,达到人类水平的、能够自适应地应对外界环境挑战的、具有自我意识的人工智能称为“通用人工智能”、“强人工智能”或“类人智能”。强人工智能不仅在哲学上存在巨大争论(涉及思维与意识等根本问题的讨论),在技术上的研究也具有极大的挑战性。强人工智能当前鲜有进展,美国私营部门的专家及国家科技委员会比较支持的观点是,至少在未来几十年内难以实现。

靠符号主义、连接主义、行为主义和统计主义这四个流派的经典路线就能设计制造出强人工智能吗?其中一个主流看法是:即使有更高性能的计算平台和更大规模的大数据助力,也还只是量变,不是质变,人类对自身智能的认识还处在初级阶段,在人类真正理解智能机理之前,不可能制造出强人工智能。理解大脑产生智能的机理是脑科学的终极性问题,绝大多数脑科学专家都认为这是一个数百年乃至数千年甚至永远都解决不了的问题。

通向强人工智能还有一条“新”路线,这里称为“仿真主义”。这条新路线通过制造先进的大脑探测工具从结构上解析大脑,再利用工程技术手段构造出模仿大脑神经网络基元及结构的仿脑装置,最后通过环境刺激和交互训练仿真大脑实现类人智能,简言之,“先结构,后功能”。虽然这项工程也十分困难,但都是有可能在数十年内解决的工程技术问题,而不像“理解大脑”这个科学问题那样遥不可及。

仿真主义可以说是符号主义、连接主义、行为主义和统计主义之后的第五个流派,和前四个流派有着千丝万缕的联系,也是前四个流派通向强人工智能的关键一环。经典计算机是数理逻辑的开关电路实现,采用冯·诺依曼体系结构,可以作为逻辑推理等专用智能的实现载体。但要靠经典计算机不可能实现强人工智能。要按仿真主义的路线“仿脑”,就必须设计制造全新的软硬件系统,这就是“类脑计算机”,或者更准确地称为“仿脑机”。“仿脑机”是“仿真工程”的标志性成果,也是“仿脑工程”通向强人工智能之路的重要里程碑。

1.1.3 人工智能的特征

(1) 由人类设计,为人类服务,本质为计算,基础为数据。从根本上

说,人工智能系统必须以人为本,这些系统是人类设计出的机器,按照人类设定的程序逻辑或软件算法通过人类发明的芯片等硬件载体来运行或工作,其本质体现为计算,通过对数据的采集、加工、处理、分析和挖掘,形成有价值的信息流和知识模型,来为人类提供延伸人类能力的服务,来实现对人类期望的一些“智能行为”的模拟,在理想情况下必须体现服务人类的特点,而不应该伤害人类,特别是不应该有目的地做出伤害人类的行为。

(2) 能感知环境,能产生反应,能与人交互,能与人互补。人工智能系统应能借助传感器等器件产生对外界环境(包括人类)进行感知的能力,可以像人一样通过听觉、视觉、嗅觉、触觉等接收来自环境的各种信息,对外界输入产生文字、语音、表情、动作(控制执行机构)等必要的反应,甚至影响到环境或人类。借助于按钮、键盘、鼠标、屏幕、手势、体态、表情、力反馈、虚拟现实/增强现实等方式,人与机器间可以产生交互与互动,使机器设备越来越“理解”人类乃至与人类共同协作、优势互补。这样,人工智能系统能够帮助人类做人类不擅长、不喜欢但机器能够完成的工作,而人类则适合于去做更需要创造性、洞察力、想象力、灵活性、多变性乃至用心领悟或需要感情的一些工作。

(3) 有适应特性,有学习能力,有演化迭代,有连接扩展。人工智能系统在理想情况下应具有一定的自适应特性和学习能力,即具有一定的随环境、数据或任务变化而自适应调节参数或更新优化模型的能力;并且,能够在此基础上通过与云、端、人、物越来越广泛、深入的数字化连接扩展,实现机器客体乃至人类主体的演化迭代,以使系统具有适应性、稳健性、灵活性、扩展性,来应对不断变化的现实环境,从而使人工智能系统在各行各业产生丰富的应用。

以下重点介绍近20年来人工智能领域关键技术的发展状况,包括机器学习、知识图谱、自然语言处理、人机交互、计算机视觉、生物特征识别、虚拟现实/增强现实等关键技术。