

绪 论

人工智能学科自 1956 年诞生以来,在 60 多年岁月里获得了很大发展,引起众多学科和不同专业背景的学者们及各国政府和企业的空前重视,已成为一门具有日臻完善的理论基础、日益广泛的应用领域和广泛交叉的前沿科学。伴随着社会进步和科技发展的步伐,人工智能与时俱进,不断取得新的进展。近年来,出现了开发与应用人工智能的新热潮。

到底什么是人工智能,如何理解人工智能,人工智能研究什么,人工智能的理论基础是什么,人工智能能够在哪些领域得到应用,等等,都将是人工智能学科或人工智能课程需要研究和回答的问题,也是广大读者和社会大众关心的问题。让我们对这些问题逐一展开讨论。

本章着重介绍人工智能的定义、发展概况及相关学派和他们的认知观,人工智能的核心要素、学科体系和系统分类,人工智能的研究目标和内容,以及人工智能的研究和应用领域,并简介本书的主要内容和编排。

1.1 人工智能的定义与发展

60 多年来,人工智能获得了重大进展,众多学科和不同专业背景的学者们投入人工智能研究行列,并引起各国政府、研究机构 and 企业的日益重视,发展成为一门广泛的交叉和前沿科学。近十多年来,现代信息技术,特别是计算机技术、大数据和网络技术的发展已使信息处理容量、速度和质量大为提高,能够处理海量数据,进行快速信息处理,软件功能和硬件实现均取得长足进步,使人工智能获得更为广泛的应用。网络化、机器人化的升级和大数据的参与促进人工智能进入更多的科技、经济和民生应用领域。尽管人工智能在发展过程中还面临不少困难和挑战,然而这些困难终将被解决,这些挑战始终与机遇并存,并将推动人工智能的可持续发展。人工智能已发展成为一门广泛的交叉和前沿学科,并有力地促进其他学科的发展。可以预言:人工智能的研究成果将能够创造出更多更高级的人造智能产品,并使之在越来越多的领域及某种程度上超越人类智能;人工智能将为社会进步、经济建设和人类生活做出更大贡献。

1.1.1 人工智能的定义

众所周知,相对于天然河流(如亚马孙河和长江),人类开凿了叫做运河(如苏伊士运河

和中国京杭大运河)的人工河流;相对于天然卫星(如地球的卫星——月亮),人类制造了人造卫星;相对于天然纤维(如棉花、蚕丝和羊毛),人类发明了维尼纶和涤纶等人造纤维;相对于天然心脏、天然婴儿、自然受精和自然四肢等,人类创造了人工心脏、试管婴儿、人工授精和假肢等人造物品(artifacts)……2009年7月8日,英国一个科学研究小组宣布首次成功地利用人类干细胞培育出成熟精子,这就是人工精子,一种很高级的人工制品。我们要探讨的人工智能(artificial intelligence),又称为机器智能或计算机智能,无论它取哪个名字,都表明它所包含的“智能”都是人为制造的或由机器和计算机表现出来的一种智能,以区别于自然智能,特别是人类智能。由此可见,人工智能本质上有别于自然智能,是一种由人工手段模仿的人造智能,至少在可见的未来应当这样理解。

像许多新兴学科一样,人工智能至今尚无统一的定义,要给人工智能下个准确的定义是困难的。人类的自然智能(人类智能)伴随着人类活动处处时时存在。人类的许多活动,如下棋、竞技、解算题、猜谜语、进行讨论、编制计划和编写计算机程序,甚至驾驶汽车和骑自行车,等等,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”。不同科学或学科背景的学者对人工智能有不同的理解,提出不同的观点,人们称这些观点为符号主义(symbolism)、连接主义(connectionism)和行为主义(actionism)等,或者叫做逻辑学派(logicism)、仿生学派(bionicsism)和生理学派(physiologism)。在1.2节将综述他们的基本观点。

哲学家们对人类思维和非人类思维的研究工作已经进行了2000多年,然而,至今还没有获得满意的解答。下面,我们将结合自己的理解来定义人工智能。

定义 1.1 智能(intelligence)

人的智能是他们理解和学习事物的能力,或者说,智能是思考和理解能力,而不是本能做事的能力。

另一种定义为:智能是一种应用知识处理环境的能力或由目标准则衡量的抽象思考能力。

定义 1.2 智能机器(intelligent machine)

智能机器是一种能够呈现出人类智能行为的机器。而这种智能行为是人类用大脑考虑问题或创造思想。

另一种定义为:智能机器是一种能够在不确定环境中执行各种拟人任务(anthropomorphic tasks)达到预期目标的机器。

定义 1.3 人工智能(学科)

长期以来,人工智能研究者们认为:人工智能(学科)是计算机科学中涉及研究、设计和应用智能机器的一个分支。它的近期主要目标在于研究用机器来模仿和执行人脑的某些智力功能,并开发相关理论和技术。

近年来,许多人工智能和智能系统研究者认为:人工智能(学科)是智能科学(intelligence science)中涉及研究、设计及应用智能机器和智能系统的一个分支,而智能科学是一门与计算机科学并行的学科。

人工智能到底属于计算机科学还是智能科学,可能还需要一段时间的探讨与实践,而实践是检验真理的标准,实践将做出权威的回答。

定义 1.4 人工智能(能力)

人工智能(能力)是智能机器所执行的通常与人类智能有关的智能行为,这些智能行为

涉及学习、感知、思考、理解、识别、判断、推理、证明、通信、设计、规划、行动和问题求解等活动。

1950年图灵(Turing)设计和进行的著名实验(后来被称为图灵实验, Turing test), 提出并部分回答了“机器能否思维”的问题, 也是对人工智能的一个很好的注释。

下面给出两个新近提供的定义。

定义 1.5 人工智能是能够执行通常需要人类智能的任务, 诸如视觉感知、语音识别、决策和语言翻译的计算机系统理论和开发(Google, 2017)。

简单地说, 人工智能指的是应用计算机做通常需要人类智能的事。

定义 1.6 人工智能是具有学习机理的软件或计算机程序, 它应用知识对新的情况进行如同人类所做的决策。构建这种软件的研究者力图编写代码来阅读图像、文本、视频或音频, 并从中学习某些东西。一旦机器能够学习, 知识就能够用于别的地方(Quartz, 2017)。

换句话说, 人工智能是机器应用算法进行数据学习和使用所学进行如同人类进行决策的能力。不过, 与人类不同的是, 人工智能机器不需要休息, 能够一次全部分析大量信息, 其误差率明显低于执行同样任务的人类计算员。

1.1.2 人工智能的起源与发展

不妨按时期来说明国际人工智能的发展过程, 尽管这种时期划分方法有时难以严谨, 因为许多事件可能跨接不同时期, 另外一些事件虽然时间相隔甚远但又可能密切相关。

1. 孕育时期(1956年前)

人类对智能机器和人工智能的梦想和追求可以追溯到 3000 多年前。早在我国西周时代(公元前 1066—前 771 年), 就流传有关巧匠偃师献给周穆王一个歌舞艺伎的故事。作为第一批自动化动物之一的能够飞翔的木鸟是在公元前 400—前 350 年间制成的。在公元前 2 世纪出现的书籍中, 描写过一个具有类似机器人角色的机械化剧院, 这些人造角色能够在宫廷仪式上进行舞蹈和列队表演。我国东汉时期(公元 25—220 年), 张衡发明的指南车是世界上最早的机器人雏形。

我们不打算列举 3000 多年来人类在追梦智能机器和人工智能道路上的万千遐想、实践和成果, 而是跨越 3000 年转到 20 世纪。时代思潮直接帮助科学家去研究某些现象。对于人工智能的发展来说, 20 世纪 30 年代和 40 年代的智能界, 发生了两件最重要的事: 数理逻辑(它从 19 世纪末起就获得迅速发展)和关于计算的新思想。弗雷治(Frege)、怀特赫德(Whitehead)、罗素(Russell)和塔斯基(Tarski)及另外一些人的研究表明, 推理的某些方面可以用比较简单的结构加以形式化。1913 年, 年仅 19 岁的维纳(Wiener)在他的论文中把数理关系理论简化为类理论, 为发展数理逻辑做出贡献, 并向机器逻辑迈进一步, 与后来图灵(Turing)提出的逻辑机不谋而合。1948 年维纳创立的控制论(cybernetics), 对人工智能早期思潮产生了重要影响, 后来成为人工智能行为主义学派。数理逻辑仍然是人工智能研究的一个活跃领域, 其部分原因是一些逻辑演绎系统已经在计算机上实现过。不过, 即使在计算机出现之前, 逻辑推理的数学公式就为人们建立了计算与智能关系的概念。

丘奇 Church)、图灵和其他一些人关于计算本质的思想, 提供了形式推理概念与即将发明的计算机之间的联系。在这方面的一个重要工作是关于计算和符号处理的理论概念。1936

年,年仅 26 岁的图灵创立了自动机理论(后来人们又称为图灵机),提出一个理论计算机模型,为电子计算机设计奠定基础,促进人工智能,特别是思维机器的研究。第一批数字计算机(实际上为数字计算器)看来不包含任何真实智能。早在这些机器设计之前,丘奇和图灵就已发现,数字并不是计算的主要方面,它们仅仅是一种解释机器内部状态的方法。被称为人工智能之父的图灵,不仅创造了一个简单、通用的非数字计算模型,而且直接证明了计算机可能以某种被理解为智能的方法工作。

事过 20 年之后,道格拉斯·霍夫施塔特(Douglas Hofstadter)在 1979 年写的《永恒的金带》(*An Eternal Golden Braid*)一书中对这些逻辑和计算的思想及它们与人工智能的关系给予了透彻而又引人入胜的解释。

麦卡洛克(McCulloch)和皮茨(Pitts)于 1943 年提出的“似脑机器”(mindlike machine)是世界上第一个神经网络模型(称为 MP 模型),开创了从结构上研究人类大脑的途径。神经网络连接机制,后来发展为人工智能连接主义学派的代表。

值得一提的是控制论思想对人工智能早期研究的影响。正如艾伦·纽厄尔(Allen Newell)和赫伯特·西蒙(Herbert Simon)在他们的优秀著作《人类问题求解》(*Human Problem Solving*)的“历史补篇”中指出的那样,20 世纪中叶人工智能的奠基者们在人工智能研究中出现了几股强有力的思潮。维纳、麦卡洛克和其他一些人提出的控制论和自组织系统的概念集中地讨论了“局部简单”系统的宏观特性。尤其重要的是,1948 年维纳所著的《控制论——或关于动物和机器中控制和通信的科学》一书,不但开创了近代控制论,而且为人工智能的控制论学派(即行为主义学派)树立了新的里程碑。控制论影响了许多领域,因为控制论的概念跨接了许多领域,把神经系统的工作原理与信息理论、控制理论、逻辑及计算联系起来。控制论的这些思想是时代思潮的一部分,而且在许多情况下影响了许多早期和近期的人工智能工作者,成为他们的指导思想。

从上述情况可以看出,人工智能开拓者在数理逻辑、计算本质、控制论、信息论、自动机理论、神经网络模型和电子计算机等方面做出的创造性贡献,奠定了人工智能发展的理论基础,孕育了人工智能的胎儿。人们将很快听到人工智能婴儿呱呱坠地的哭声,看到这个宝贝降临人间的可爱身影!

2. 形成时期(1956—1970 年)

到了 20 世纪 50 年代,人工智能已躁动于人类科技社会的母胎,即将分娩。1956 年夏季,年轻的美国数学家和计算机专家麦卡锡(McCarthy)、数学家和神经学家明斯基(Minsky)、IBM 公司信息主任朗彻斯特(Lochester)及贝尔实验室信息部数学家和信息学家香农(Shannon)共同发起,邀请 IBM 公司莫尔(More)和塞缪尔(Samuel)、麻省理工学院(MIT)的塞尔夫里奇(Selfridge)和索罗蒙夫(Solomonff),以及兰德公司和卡内基·梅隆大学(CMU)的纽厄尔(Newell)和西蒙(Simon)共 10 人,在美国的达特茅斯(Dartmouth)学院举办了一次长达 2 个月的研讨会,认真热烈地讨论用机器模拟人类智能的问题。会上,由麦卡锡提议正式使用了“人工智能”这一术语。这是人类历史上第一次人工智能研讨会,标志着国际人工智能学科的诞生,具有十分重要的历史意义。这些从事数学、心理学、信息论、计算机科学和神经学研究的杰出年轻学者,后来都成为著名的人工智能专家,为人工智能的发展做出了重要贡献。

最终把这些不同思想连接起来的是由巴贝奇(Babbage)、图灵、冯·诺依曼(von

Neumann)和其他一些人所研制的计算机本身。在机器的应用成为可行之后不久,人们就开始试图编写程序以解决智力测验难题、数学定理和其他命题的自动证明、下棋及把文本从一种语言翻译成另一种语言。这是第一批人工智能程序。对于计算机来说,促使人工智能发展的是什么?是出现在早期设计中的许多与人工智能有关的计算概念,包括存储器和处理器的概念、系统和控制的概念及语言的程序级别的概念。不过,引起新学科出现的新机器的惟一特征是这些机器的复杂性,它促进了对描述复杂过程方法的新的更直接的研究(采用复杂的数据结构和具有数以百计的不同步骤的过程来描述这些方法)。

1965年,被誉为“专家系统和知识工程之父”的费根鲍姆(Feigenbaum)所领导的研究小组,开始研究专家系统,并于1968年研究成功第一个专家系统 DENDRAL,用于质谱仪分析有机化合物的分子结构。后来又开发出其他一些专家系统,为人工智能的应用研究做出开创性贡献。

被誉为“国际模式识别之父”的傅京孙(King-sun Fu)除了在句法模式识别方面的创新性贡献外,又于1965年把人工智能的启发式推理规则用于学习控制系统,并论述了人工智能与自动控制的交接关系,为智能控制做出奠基性贡献,成为国际公认的“智能控制奠基者”。

1969年召开了第一届国际人工智能联合会议(International Joint Conference on AI, IJCAD),标志着人工智能作为一门独立学科登上国际学术舞台。此后,IJCAI每两年召开一次。1970年《人工智能》(*International Journal of AI*)国际杂志创刊。这些事件对开展人工智能国际学术活动和交流、促进人工智能的研究和发展起到积极作用。

上述事件表明,人工智能经历了从诞生到成人的热烈(形成)期,已成为一门独立学科,为人工智能建立了良好的环境,打下进一步发展的重要基础。虽然人工智能在前进的道路上仍将面临不少困难和挑战,但是有了这个基础,就能够迎接挑战,抓住机遇,推动人工智能不断发展。

3. 暗淡时期(1966—1974年)

在形成期和后面的知识应用期之间,交叠地存在一个人工智能的暗淡(低潮)期。在取得“热烈”发展的同时,人工智能也遇到一些困难和问题。

一方面,由于一些人工智能研究者被“胜利冲昏了头脑”,盲目乐观,对人工智能的未来发展和成果做出了过高的预言,而这些预言的失败,给人工智能的声誉造成重大伤害。同时,许多人工智能理论和方法未能得到通用化和推广应用,专家系统也尚未获得广泛开发。因此,看不出人工智能的重要价值。究其原因,当时的人工智能主要存在下列三个局限性。

(1) 知识局限性。早期开发的人工智能程序包含太少的主题知识,甚至没有知识,而且只采用简单的句法处理。例如,对于自然语言理解或机器翻译,如果缺乏足够的专业知识和常识,就无法正确处理语言,甚至会产生令人啼笑皆非的翻译。

(2) 解法局限性。人工智能试图解决的许多问题因其求解方法和步骤的局限性,往往使得设计的程序在实际上无法求得问题的解答,或者只能得到简单问题的解答,而这种简单问题并不需要人工智能的参与。

(3) 结构局限性。用于产生智能行为的人工智能系统或程序存在一些基本结构上的严重局限,如没有考虑不良结构、无法处理组合爆炸问题,因而只能用于解决比较简单的问题,影响到推广应用。

另一方面,科学技术的发展对人工智能提出新的要求甚至挑战。例如,当时认知生理学

研究发现,人类大脑含有 10^{11} 个以上神经元,而人工智能系统或智能机器在现有技术条件下无法从结构上模拟大脑的功能。此外,哲学、心理学、认知生理学和计算机科学各学术界,对人工智能的本质、理论和应用各方面,一直抱有怀疑和批评,也使人工智能四面楚歌。例如,1971年英国剑桥大学数学家詹姆士(James)按照英国政府的旨意,发表了一份关于人工智能的综合报告,声称“人工智能不是骗局,也是庸人自扰”。在这个报告的影响下,英国政府削减了人工智能研究经费,解散人工智能研究机构。在人工智能学科的发源地美国,连在人工智能研究方面颇有影响的IBM公司,也被迫取消了该公司的所有人工智能研究。由此可见一斑,人工智能研究在世界范围内陷入困境,处于低潮。

任何事物的发展都不可能一帆风顺,冬天过后,春天就会到来。通过总结经验教训,开展更为广泛、深入和有针对性的研究,人工智能必将走出低谷,迎来新的发展时期。

4. 知识应用时期(1970—1988年)

费根鲍姆(Feigenbaum)研究小组自1965年开始研究专家系统,并于1968年研究成功第一个专家系统DENDRAL。1972—1976年,他们又开发成功MYCIN医疗专家系统,用于抗生素药物治疗。此后,许多著名的专家系统,如斯坦福国际人工智能研究中心的杜达(Duda)开发的PROSPECTOR地质勘探专家系统、拉特格尔大学的CASNET青光眼诊断治疗专家系统、MIT的MACSYMA符号积分和数学专家系统,以及R1计算机结构设计专家系统、ELAS钻井数据分析专家系统和ACE电话电缆维护专家系统等被相继开发,为工矿数据分析处理、医疗诊断、计算机设计、符号运算等提供了强有力的工具。在1977年举行的第五届国际人工智能联合会议上,费根鲍姆正式提出了知识工程(knowledge engineering)的概念,并预言20世纪80年代将是专家系统蓬勃发展的时代。

事实果真如此,整个80年代,专家系统和知识工程在全世界得到迅速发展。专家系统为企业等用户赢得巨大的经济效益。例如,第一个成功应用的商用专家系统R1,1982年开始在美国数字装备集团公司(DEC)运行,用于进行新计算机系统的结构设计。到1986年,R1每年为该公司节省了400万美元。到1988年,DEC公司的人工智能团队开发了40个专家系统。更有甚者,杜珀公司已使用100个专家系统,正在开发500个专家系统。几乎每个美国大公司都拥有自己的人工智能小组,并应用专家系统,或投资专家系统技术。在80年代,日本和西欧也争先恐后地投入对专家系统的智能计算机系统的开发,并应用于工业部门。其中,日本于1981年发布的“第五代智能计算机计划”就是一例。在开发专家系统过程中,许多研究者获得共识,即人工智能系统是一个知识处理系统,而知识表示、知识利用和知识获取则成为人工智能系统的三个基本问题。

5. 协同发展时期(1986—2010年)

到20世纪80年代后期,各个争相进行的智能计算机研究计划先后遇到严峻挑战和困难,无法实现其预期目标。这促使人工智能研究者们对已有的人工智能和专家系统思想和方法进行反思。已有的专家系统存在缺乏常识、应用领域狭窄、知识获取困难、推理机制单一、未能分布处理等问题。他们发现,困难反映出人工智能和知识工程的一些根本问题,如交互问题、扩展问题和体系问题等,都没有很好解决。对存在问题的探讨和对基本观点的争论,有助于人工智能摆脱困境,迎来新的发展机遇。

人工智能应用技术应当以知识处理为核心,实现软件的智能化。知识处理需要对应用

领域和问题求解任务有深入的理解,扎根于主流计算环境。只有这样,才能促使人工智能研究和应用走上持续发展的道路。

20世纪80年代后期以来,机器学习、计算智能、神经网络和行为主义等研究的深入开展,不时形成高潮。有别于符号主义的连接主义和行为主义的人工智能学派也乘势而上,获得新的发展。不同人工智能学派间的争论推动了人工智能研究和应用的进一步发展。以数理逻辑为基础的符号主义,从命题逻辑到谓词逻辑再至多值逻辑,包括模糊逻辑和粗糙集理论,已为人工智能的形成和发展做出历史性贡献,并已超出传统符号运算的范畴,表明符号主义在发展中不断寻找新的理论、方法和实现途径。传统人工智能(我们称之为AI)的数学计算体系仍不够严格和完整。除了模糊计算外,近年来,许多模仿人脑思维、自然特征和生物行为的计算方法(如神经计算、进化计算、自然计算、免疫计算和群计算等)已被引入人工智能学科。我们把这些有别于传统人工智能的智能计算理论和方法称为计算智能(computational intelligence,CI)。计算智能弥补了传统AI缺乏数学理论和计算的不足,更新并丰富了人工智能的理论框架,使人工智能进入一个新的发展时期。人工智能不同观点、方法和技术的集成,是人工智能发展所必需,也是人工智能发展的必然。

在这个时期,特别值得一提的是神经网络的复兴和智能真体(intelligent agent)的突起。

麦卡洛克和皮茨1943年提出的“似脑机器”,构造了一个表示大脑基本组成的神经元模型。由于当时神经网络的局限性,特别是硬件集成技术的局限性,使人工神经网络研究在20世纪70年代进入低潮。直到1982年霍普菲尔德(Hopfield)提出离散神经网络模型,1984年又提出连续神经网络模型,促进了人工神经网络研究的复兴。布赖森(Bryson)和何(He)提出的反向传播(back propagation, BP)算法及鲁梅尔哈特(Rumelhart)和麦克莱伦德(McClelland)1986年提出的并行分布处理(parallel distributed processing, PDP)理论是人工神经网络研究复兴的真正推动力,人工神经网络再次出现研究热潮。1987年在美国召开了第一届神经网络国际会议,并发起成立了国际神经网络学会(INNS)。这表明神经网络已置身于国际信息科技之林,成为人工智能的一个重要子学科。如果人工神经网络硬件能够在大规模集成上取得突破,那么其作用不可估量。

智能真体(以前称为智能主体)是20世纪90年代随着网络技术特别是计算机网络通信技术的发展而兴起的,并发展为人工智能又一个新的研究热点。人工智能的目标就是要建造能够表现出一定智能行为的真体,因此,真体(agent)应是人工智能的一个核心问题。人们在人工智能研究过程中逐步认识到,人类智能的本质是一种具有社会性的智能,社会问题,特别是复杂问题的解决需要各方面人员共同完成。人工智能,特别是比较复杂的人工智能问题的求解也必须要各个相关个体协商、协作和协调来完成。人类社会中的基本个体“人”对应于人工智能系统中的基本组元“真体”,而社会系统所对应的人工智能“多真体系统”也就成为人工智能新的研究对象。

上述这些新出现的人工智能理论、方法和技术,其中包括人工智能三大学派,即符号主义、连接主义和行为主义,已再不是单枪匹马打天下,而是携手合作,优势互补,走协同发展的康庄大道。人工智能学界那种势不两立的激烈争论局面,可能一去不复返了。

6. 融合发展时期(2011年至今)

人类进入21世纪后,迎来了第二次机器革命的新时期和人工智能的新时代。这个新时期和新时代的重要特征是:初步形成人工智能产业化基础,人工智能企业数量大幅增

长；人工智能的投融资环境空前看好，投融资金额不断攀升；国家出台先进工业与科技政策助推人工智能发展，人工智能行业发展机遇空前；人工智能产业化技术起点更高，感知智能领域相对成熟，认知智能有待突破；人工智能人才紧缺，高端人工智能人才争夺激烈等。

上述特征能够保证人工智能产业化持续发展，保证新一代人工智能产业起点高、规模大、质量优、平稳快速地全面发展。

与人工智能历史上各次发展时期不同的是，实现人工智能各个核心技术的大融合及人工智能与实体经济的深度融合。知识(如原知识、宏知识、专业知识和常识)、算法(如深度学习算法和进化算法)、大数据(如海量数据和活数据)、网络(互联网和物联网)、云计算、算力(如超大规模集成 CPU 和 GPU)的快速发展及其相互渗透，促进人工智能进入一个崭新的融合发展新时期，推动新一代人工智能科技与产业前所未有地蓬勃发展。

上述人工智能融合发展过程是逐步形成的。计算智能的出现使人工智能与数据紧密结合；智能计算实现了“知识+算法+数据”的融合；大数据为“知识+大数据+算法”的融合创造条件；网络的升级使“知识+大数据+算法+网络”的人工智能融合成为可能。

算法研究的突破性进展为人工智能注入了新的活力，其中尤以深度学习(deep learning)算法最为突出。十多年来，深度学习的研究逐步深入，并已在自然语言处理和图像处理等领域获得比较广泛的应用。这些研究成果活跃了学术氛围，推动了机器学习和整个人工智能的发展。

2006年，加拿大多伦多大学杰弗里·欣顿(Geoffrey Hinton)提出：①多隐含层的人工神经网络具有非常突出的特征学习能力，得到的特征数据能够更深层次和有效地描述数据的本质特征。②深度神经网络在训练上的难度可以通过“逐层预训练”(layer-wise pre-training)来有效克服。这些思想开启了深度学习在学术界和工业界的研究与应用热潮。深度学习算法已在图像处理、语音识别和大数据处理等领域获得日益广泛的应用。

人工智能已获得越来越广泛的应用，深入渗透到其他学科和科学技术领域，为这些学科和领域的发展做出功不可没的贡献，并为人工智能理论和应用研究提供新的思路与借鉴。例如，对生物信息学、生物机器人学和基因组的研究就是如此。

产业的提质改造与升级、智能制造和服务民生的需求，促进了人工智能产业的发展，一股人工智能产业化的热潮正在全球汹涌澎湃，席卷全世界。人工智能的新成果层出不穷，广泛深入各产业和日常生活。例如，2022年11月30日，美国开放人工智能研究中心(OpenAI)发布的聊天机器人程序ChatGPT，是人工智能技术驱动的自然语言处理工具，它能够通过学习和理解人类的语言来进行对话，还能根据聊天的上下文进行互动，真正像人类一样来聊天交流，甚至能完成撰写邮件、视频脚本、文案、代码及翻译等任务。展望新时期人工智能发展的新趋势，可以归纳出下列几个热点：人工智能核心技术加速突破，人工智能产业强劲发展；智能化应用场景从单一向多元发展；人工智能和实体经济深度融合进程进一步加快；智能服务呈现线下和线上的无缝结合；逐步实现人工智能的全产业链布局；加快高素质人工智能人才培养步伐；重视开发应用人工智能共享平台；加快人工智能法律研究与建设等。

我们有理由相信，在人工智能发展新时期，人工智能一定能创造出更多更大的新成果，开创人工智能融合发展的新时期。

1.1.3 中国人工智能的发展

中国的人工智能到底经历了怎样的发展过程？

与国际上人工智能的发展情况相比，中国的人工智能研究不仅起步较晚，而且发展道路曲折坎坷，历经了质疑、批评甚至打压的十分艰难的发展历程。直到改革开放之后，中国人工智能才逐渐走上发展之路。

1. 迷雾重重

20世纪50—60年代，人工智能在西方国家得到重视和发展，而在苏联却受到批判，将其斥为“资产阶级的反动伪科学”。20世纪60年代后期和70年代，虽然苏联解禁了控制论和人工智能，但因中苏关系恶化，中国学术界将苏联的这种解禁斥之为“修正主义”，人工智能研究继续停滞。那时，人工智能在中国要么受到质疑，要么与“特异功能”一起受到批判。

1978年3月，全国科学大会提出“向科学技术现代化进军”的战略决策，开启了思想解放的先河，促进中国科学事业的发展，使中国科技事业迎来了科学的春天，人工智能也在酝酿着进一步的解禁。

80年代初期，中国的人工智能研究进一步活跃起来。但是，由于当时社会上把“人工智能”与“特异功能”混为一谈，使中国人工智能走过一段很长的弯路。

2. 艰难起步

20世纪70年代末至整个80年代，知识工程和专家系统在欧美发达国家得到迅速发展，并取得重大的经济效益。而在中国仍然处于艰难起步阶段。不过，一些人工智能的基础性工作得以开展。

(1) 派遣留学生出国研究人工智能

改革开放后，自1980年起中国派遣大批留学生赴西方发达国家研究现代科技，学习科技新成果，其中包括人工智能和模式识别等学科领域。这些人工智能“海归”专家，已成为中国人工智能研究与开发应用的学术带头人和中坚力量，为发展中国人工智能做出举足轻重的贡献。

(2) 成立中国人工智能学会

1981年9月，来自全国各地的科学技术工作者300余人在长沙出席了中国人工智能学会(CAAI)成立大会，秦元勋当选第一任理事长。1982年，中国人工智能学会刊物《人工智能学报》在长沙创刊，成为中国首份人工智能学术刊物。

直到2004年，中国人工智能学会才得以“返祖归宗”，挂靠到中国科学技术协会。这足以表明CAAI成立后经历的20多年岁月是多么艰辛。

(3) 开始人工智能的相关项目研究

20世纪70年代末至80年代前期，一些人工智能相关项目已经纳入国家科研计划，这表明中国人工智能研究已开始起步，打开了思想禁区。

3. 迎来曙光

20世纪80年代中期，中国的人工智能迎来曙光，开始走上比较正常的发展道路。国防科工委于1984年召开了全国智能计算机及其系统学术讨论会，1985年又召开了全国首届

第五代计算机学术研讨会。1986年起把智能计算机系统、智能机器人和智能信息处理等重大项目列入国家高技术研究发展计划(863计划)。

1986年前后,清华大学校务委员会经过三次讨论后,决定同意在清华大学出版社出版《人工智能及其应用》。科学出版社也同意出版该专著。1987年7月《人工智能及其应用》在清华大学出版社公开出版,成为中国首部具有自主知识产权的人工智能专著,标志着中国人工智能著作的开禁。中国首部人工智能、机器人学和智能控制著作分别于1987年、1988年和1990年问世。1988年2月,主管国家科技工作的国务委员兼国家科委主任宋健亲笔致信蔡自兴,对《人工智能及其应用》的公开出版和人工智能学科给予高度评价,体现出他对发展中国人工智能的关注和对作者的鼓励,对中国人工智能的发展产生了重大和深远的影响。

1987年《模式识别与人工智能》杂志创刊。1989年首次召开了中国人工智能控制联合会(CJCAD),至2004年共召开了8次。此外,还联合召开了六届中国机器人学联合会议。1993年起,将智能控制和智能自动化等项目列入国家科技攀登计划。

4. 蓬勃发展

进入21世纪后,更多的人工智能与智能系统研究课题获得国家自然科学基金重点项目和重大项目、国家863计划和973计划项目、科技部科技攻关项目、工信部重大项目等各种国家基金计划支持,并与中国国民经济和科技发展的重大需求相结合,力求为国家做出更大贡献。

2006年8月,中国人工智能学会联合兄弟学会和有关部门,在北京举办了“庆祝人工智能学科诞生50周年”大型庆祝活动。除了人工智能国际会议外,纪念活动的一台重头戏是由中国人工智能学会主办的首届中国象棋计算机博弈锦标赛暨首届中国象棋人机大战。同年,《智能系统学报》创刊,这是继《人工智能学报》和《模式识别与人工智能》之后中国第3份人工智能类期刊。它们为国内人工智能学者和高校师生提供了一个学术交流平台,对我国人工智能研究与应用起到促进作用。

5. 国家战略

从2014年起,中国的人工智能已发展成为国家战略。国家最高领导人发表重要讲话,对发展中国人工智能给予高屋建瓴的指示与支持。

2016年5月,国家发改委和科技部等4部门联合印发《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》,明确未来3年智能产业的发展重点与具体扶持项目,进一步体现出人工智能已被提升至国家战略高度。

2016年4月由中国人工智能学会发起,联合20余家国家一级学会,在北京举行“2016全球人工智能技术大会暨人工智能60周年纪念活动启动仪式”。这次活动恰逢国际人工智能诞辰60周年,谷歌AlphaGo与世界围棋冠军李世石上演“世纪人机大战”,将人工智能的关注度推到了前所未有的高度。启动仪式共同庆祝国际人工智能诞辰60周年,传承和弘扬人工智能的科学精神,开启智能化时代的新征程。

2017年7月8日,中华人民共和国国务院发布《新一代人工智能发展规划》,提出了面向2030年中国新一代人工智能发展的指导思想、战略目标、重点任务和保障措施,部署构筑中国人工智能发展的先发优势,加快建设创新型国家和世界科技强国。