

第 1 章 人工智能概论

1.1 人工智能的定义

人工智能,顾名思义,就是用人工的方法来实现智能化。由于每个人对人工智能的理解不同,因此对于人工智能的定义也不相同。John McCarthy 认为,人工智能就是让机器在行为上看起来与人无异。Nilsson 认为,人工智能就是人造物的行为。在此过程中,主要包括信息提取、知识推理、自动学习和主动交流等行为。A. Barr 认为,人工智能属于计算机科学的一个分支,该学科的研究重点在于设计一个智能的计算机系统^[1]。将以上观点与人类在自然环境中的智能行为相对比,均呈现出类似的特征,也就是人工智能的共同特点,即人工智能是用人工的方法实现机器模拟人类的智能活动。

1.2 人工智能的发展

在美国达特茅斯大学(Dartmouth College)召开的一次学术会议上,人工智能第一次作为一门正式的学科出现。随着人工智能的兴起,世界各国的资深学者也相继加入人工智能研究的行列。到目前为止,人工智能的发展可以概括为 3 个主要阶段:第 1 个阶段为孕育和发展阶段(1956 年之前),第 2 个阶段为形成阶段(1956—1969 年),第 3 个阶段为发展阶段(1970 年至今)。

1.2.1 人工智能的孕育和发展阶段

人工智能的孕育和发展阶段是一段漫长且复杂的过程,它包含了一系列的科学发现和技术突破,涉及数学、逻辑学、计算机科学、神经科学以及哲学等多个学科领域。

早期的工具和机器都是简单地模仿或增强人类的肌肉力量,直到图灵和其他科学家的工作,使得创建可以模仿人脑思考方式的机器这一想法变得可能。图灵贡献尤其重要,他不仅对计算理论做出了开创性的贡献,还提出了著名的“图灵测试”作为判断机器是否能够显示出智能行为的一个标准。图灵测试的核心是,如果一部机器在对话中能够让一个普通人无法区别出它不是一个真人,那么这部机器可以被认为是“智能”的^[2]。

在图灵时代之后,人工智能领域开始迎来实质性的进展。Blaise Pascal 和其他早期的计算机科学家通过创造机械计算机来处理数字信息,这些计算机是电子计算机的前身。而 W. McCulloch 和 W. Pitts 的神经网络模型则开启了以生物大脑为模型构建智能系统的研究领域,虽然他们的模型是简化的,但为今后的研究者提供了一种方法来理解和模拟大脑中神经元的工作原理。

此后的几十年中,人工智能的研究逐渐积累并发展,经历了几次“寒冬”和“热潮”。20 世纪 60—70 年代,专家系统的出现成了人工智能的重要里程碑。这些系统能够模拟专家的决策能力来解决复杂问题。然而,也因为过度的炒作和技术的局限性,人工智能领域遭遇了严重的挫折。

20 世纪 80 年代后期,随着计算机处理能力的大幅提升,机器学习成为人工智能研究的热点,尤其是神经网络的复兴,开始显示出处理图片、语言和大数据分析方面潜在的巨大能力。到了 21 世纪,随着数据量的爆炸性增长,深度学习的兴起带动了人工智能的第三次热潮。深度学习模型能够自动从数据中学习特征,实现了在计算机视觉、语音识别、自然语言处理和强化学习等方面的历史性突破。

总的来说,人工智能的孕育和发展阶段涵盖了从早期的思想探索到实际技术的落地应用,它是人类对复杂问题求解能力的一次又一次突破,为我们的生活和工作方式带来了深刻的变革。

1.2.2 人工智能的形成阶段

人工智能作为一个学科,其起源可以追溯到 20 世纪 40 年代末至 50 年代初期。当时科学家们开始探索如何使用机器来模拟人类智能。但它的正式诞生是在 1956 年的达特茅斯会议,这次会议由 John McCarthy、Marvin Minsky、Nathaniel Rochester 及 Claude Shannon 等组织。在会议上,参与者探讨了将逻辑应用于计算机的可能性,以及如何让机器使用语言和提高策略。这一会议被广泛认为是人工智能学科的正式诞生,并首次提出了“人工智能”这一术语。

随后的几年里,人工智能的研究取得了显著进展。1959 年,Oliver Selfridge 提出了一个名为“潘多拉”的模式识别程序,它被认为是人工智能早期的一个代表性成果。1960 年,John McCarthy 开发了 LISP 语言,这成了编写人工智能程序的重要工具之一,并被广泛应用于今天的人工智能研究中。1965 年,Lawrence Roberts 编制了一个程序,能够通过计算机视觉识别和构建三维积木模型,这在当时代表了计算机视觉领域的一个重要进步。

尽管早期的研究者怀揣着乐观的预期,期望十年内实现许多高难度的目标,包括使计算机能够下国际象棋并获胜、自动发现数学定理、实现心理学理论等,但实际情况是,这些目标的实现都比最初设想的要慢得多。事实上,直到 20 世纪 90 年代,计算机才开始在国际象棋比赛中击败顶尖选手,如 1997 年 IBM 的深蓝(Deep Blue)战胜了世界冠军 Garry Kasparov。

人工智能发展的初期,学界和业界对其进展的乐观预测,很多没有在预计的时间内实现,这种现象后来被称为“人工智能的寒冬”。在这段时间里,人工智能领域经历了几次起伏,研究资金不稳定,公众与投资者的信心受到影响。

进入 21 世纪,随着计算能力的显著提高和大量数据的可用性,以及机器学习和深度学习等新技术的崛起,人工智能再次进入一个快速发展期。如今,人工智能已经广泛应用在自动驾驶汽车、语音识别、推荐系统、图像识别、自然语言处理等领域,它们正在改变我们的日常生活和工作方式。



此外,人工智能的发展也引发了许多伦理和社会问题,如隐私保护的担忧、自动化导致的就业变化、军事应用中的道德困境等。这些问题正在促使社会各界人士共同探讨和制定应对策略。

总的来说,人工智能的形成阶段是一个充满勃勃生机的时期,它奠定了人工智能发展的基础,并引领了后来几十年人类探索智能机器的道路。虽然存在挑战和未达到预期,但这也是科学探索的一部分。通过不断的研究和进步,人工智能最终实现了许多原本看似遥不可及的里程碑。

1.2.3 人工智能的发展阶段

20 世纪 70 年代初,关于人工智能的研究工作在世界各地逐渐开展:1970 年,人工智能国际期刊《人工智能》创立;1972 年,A. Comerauer 提出了逻辑程序设计语言 PROLOG;同年,Stanford 大学的 E. H. Shortliffe 等开始开发用于诊断和治疗感染性疾病的专家系统 MYCIN;1974 年,欧洲人工智能会议(European Conference on Artificial Intelligence, ECAD)正式召开;1978 年,我国也开始加入人工智能研究的行列,主要研究定理证明、机器人及专家系统等领域,先后成立了人工智能学会、中国计算机学会、人工智能和模式识别专业委员会、中国自动化学会模式识别与机器智能专业委员会等学术团体。

20 世纪 60 年代以后,计算机的快速发展使得人工智能的发展取得了巨大的进步,吸引了大量的研究学者投入计算机的研究中。与此同时,相关研究者也发现神经网络具有很大的局限性。1969 年,Minsky 和 Papert 批评感知机无法解决非线性问题,而复杂的信息处理应该以解决非线性问题为主。Minsky 的批评导致美国政府停止了对人工神经网络研究的资助;1973 年,英国数学家 James Lighthill 认为“人工智能的研究即使不是骗局,也是庸人自扰”,这一观点的提出使得英国政府停止了对人工智能研究的资助。20 世纪 70 年代,人工神经网络的研究几乎进入停滞阶段。20 世纪 80 年代,Bryson 和 Ho 提出的反向传播算法成为神经网络复兴的转折点。从 1985 年开始,人工神经网络的研究才逐渐恢复。1987 年,第一届神经网络国际会议在美国召开,并成立了国际神经网络学会(International Society for Neural Networks, INNS)。20 世纪 90 年代,随着计算机通信技术的快速发展,对于智能主体的研究也成为人工智能研究领域的一个热点。1995 年,国际人工智能联合会议(International Joint Conference on Artificial Intelligence, IJCAI)的报告中指出:“智能的计算机主体既是人工智能最初的目标,也是人工智能最终的目标。”

我国对人工智能的研究起步较晚,1978 年我国首次将智能模拟纳入国家计划的研究行列。1984 年,我国召开了智能计算机及其系统的全国学术会议。1986 年,开始把智能机端及系统、智能机器人和智能信息处理等重大项目纳入国家高新技术研究“863”计划。1997 年起,又把智能信息处理、智能控制等项目纳入国家重大基础研究“973”计划。21 世纪以来,国务院制定的《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020 年)》指出,人工智能所属“脑科学和认知科学”这类人工智能相关学科已被列入八大前沿学科。2008—2020 年,中国工业机器人存量从 1630 台增长到 78.3 万台,年均增长率达到 42%,是目前世界上最大的机器人市场。因此,随着人工智能在各个领域的广泛应用,其对经济社会的影响不断加深,逐渐成为未来经济增长的重要推动力。

2016 年以来,随着人工智能关键技术的突破,其应用领域愈加广泛。人工智能在国家

竞争力、国家安全等方面的作用凸显,逐渐成为国际竞争的新焦点。世界主要发达国家加紧人工智能的规划和部署。美国在 2016 年颁布了《为人工智能的未来做好准备》和《人工智能、自动化与经济报告》,将人工智能置于国家发展的战略高度进行系统布局;2018 年,白宫举办人工智能峰会并提出了“保持美国人工智能领导地位”的目标。欧盟先后发布《地平线 2020 战略》《欧盟人工智能合作宣言》等项目和计划,以确保欧洲在研究和部署人工智能方面的竞争力。英国于 2016 年制定《人工智能:未来决策制定的机遇与影响》和《机器人技术和人工智能》,强调利用人工智能增强国家实力。

我国自 2016 年起也相继推出一系列政策文件,《智能制造发展规划(2016—2020 年)》等重要规划为人工智能奠定基础。《新一代人工智能发展规划》制定了面向 2030 年的人工智能发展总体战略,并提出了“到 2030 年成为世界主要人工智能创新中心”的目标。习近平总书记在 2018 年 10 月 31 日中共中央政治局第九次集体学习时强调“加快发展新一代人工智能是我们赢得全球科技竞争主动权的重要战略抓手,要整合多学科力量,要加强人工智能相关法律、伦理、社会问题研究”。2020 年 9 月,科技部印发《国家新一代人工智能创新发展试验区建设工作指引(修订版)》,指导地方开展人工智能技术示范、政策试验和社会实验。2021 年 9 月,中央网信办发布《中央网信办等八部门联合公布国家智能社会治理实验基地名单》,依托 10 家综合基地和 82 家特色基地深入开展人工智能社会实验。

从 2023 年以来,大模型的兴起进一步加速了人工智能的发展,并在全球范围内显示出了深远的影响。大模型,特别是在自然语言处理领域的领军模型,比如 GPT-3 和它的后继者们,不仅在学术上成为研究的热点,同时也在商业应用上产生了深刻的变革。在国外,大模型的进步成了人工智能界的一大里程碑。企业通过使用这些强大的模型,极大地推进了自然语言理解和生成的边界,为诸如聊天机器人、内容创作、自动化编程助手等服务提供了强大动力。例如,美国的 OpenAI 团队推出的 GPT-3 应用在文本生成、摘要、翻译等方面显示出惊人的性能,引起了全世界技术社区和商业圈的广泛关注。在国内,大模型也为中国的人工智能研究和应用带来了新的机遇。中国的科研机构和企业积极研究和部署自己的大模型技术,如百度发布的 ERNIE、华为推出的 PanGu 等。这些均在语音识别、图像处理、医疗健康等领域取得了实际应用成果。同时,中国开始注重大模型的治理和伦理问题。如何确保大模型在应对偏见、保护隐私、确保算法透明等方面的合规,成了研究和讨论的焦点。从 2023 年起,大模型正成为推动人工智能科研创新和工业应用的关键力量,其影响和价值不断在全球范围内显现,同时也带来了新的法律、伦理和社会挑战,需要国际社会共同面对和解决。

简而言之,人工智能的发展道路历经坎坷。现在,人工智能已经走上了稳健的发展道路。人工智能的理论和基础研究也取得了前所未有的进步。随着计算机网络技术和信息技术的发展,人类社会已经进入信息时代^[3]。这既奠定了人工智能发展的坚实基础,也给人工智能的发展道路指明了方向。

1.3 人工智能的研究方法

长期以来,由于研究者的专业和研究领域的不同及他们对智能本质的理解有异,因而形成了不同的人工智能学派,各自采用不同的研究方法。与符号主义、联结主义和行为主义相对应的人工智能研究方法为功能模拟法、结构模拟法和行为模拟法。此外,还有综合这 3 种



模拟方法的集成模拟法。

1.3.1 人工智能的结构模拟

联结主义学派也可以称为结构模拟学派。他们认为,思维的基元不是符号而是神经元,认知过程也不是符号处理过程。他们提出对人脑从结构上进行模拟,即根据人脑的生理结构和工作机理来模拟人脑的智能,属于非符号处理范畴。由于大脑的生理结构和工作机理还远未搞清,因而现在只能对人脑的局部进行模拟或进行近似模拟。

人脑是由大量的神经细胞构成的神经网络。结构模拟法通过人脑神经网络、神经元之间的连接及神经元间的并行处理,实现对人脑智能的模拟。与功能模拟法不同,结构模拟法是基于人脑的生理模型,通过数值计算从微观上模拟人脑,从而实现人工智能。本方法通过对神经网络的训练进行学习,获得知识并用于解决问题。结构模拟法已在模式识别和图像信息压缩领域获得成功应用。结构模拟法也有缺点,它不适合模拟人的逻辑思维过程,而且受大规模人工神经网络制造的制约,尚不能满足人脑完全模拟的要求。

1.3.2 人工智能的功能模拟

符号主义学派也可以称为功能模拟学派。他们认为,智能活动的理论基础是物理符号系统,认知的基元是符号,认知过程是符号模式的操作处理过程。功能模拟法是人工智能最早和应用最广泛的研究方法。功能模拟法以符号处理为核心对人脑功能进行模拟。本方法根据人脑的心理模型,把问题或知识表示为某种逻辑结构,运用符号演算,实现表示、推理和学习等功能,从宏观上模拟人脑思维,实现人工智能功能。

功能模拟法取得了许多重要的研究成果,如定理证明、自动推理、专家系统、自动程序设计和机器博弈等。功能模拟法一般采用显示知识库和推理机来处理问题,因而它能够模拟人脑的逻辑思维,便于实现人脑的高级认知功能。

功能模拟法虽能模拟人脑的高级智能,但也存在不足之处。在用符号表示知识的概念时,其有效性很大程度上取决于符号表示的正确性和准确性。当把这些知识概念转换成推理机构能够处理的符号时,将可能丢失一些重要信息。此外,功能模拟难以对含有噪声的信息、不确定性信息和不完全性信息进行处理。这些情况表明,单一使用符号主义的功能模拟法是不可能解决人工智能的所有问题的。

1.3.3 人工智能的行为模拟

行为主义学派也可以称为行为模拟学派。行为主义学派认为智能行为是基于“感知-行动”的一种人工智能学派,1991年,R. A. Brooks 提出了无须知识表示和推理的智能方式。结构模拟法认为智能不需要知识、不需要表示、不需要推理;人工智能可能会像人类智能一样逐步进化;智能行为只能在现实世界中与周围环境交互作用而表现出来。

行为主义的基本观点如下^[4]:

- (1) 知识的形式化表达和模型化方法是妨碍人工智能发展的重要因素之一。
- (2) 智能取决于感知和行动,应直接利用机器对环境作用后,将环境对作用的响应作为原型。
- (3) 智能行为只能体现在与外部环境的交互中,通过与周围环境的交互而表现出来。
- (4) 人工智能可以像人类一样进化,分阶段发展和增强。

任何一种表达形式都不能完善地代表客观世界中的真实概念,所以用符号串表达人工智能的过程是不合适的。行为主义思想一提出就引起了人们的广泛关注,有人认为 R. A. Brooks 的机器虫在行为上模仿人的行为不能看作是人工智能,通过绕过机器人的过程,从机器直接进化到人的层面的智能是不可能实现的。尽管行为主义受到广泛关注,但 R. A. Brooks 的机器虫模拟的只是底层智能行为,并不能导致高级智能控制行为,也不可能使智能机器从昆虫智能进化到人类智能。但是,行为主义学派的兴起表明控制论和系统工程的思想将会进一步影响人工智能的研究和发展。

1.3.4 人工智能的集成模拟

上述 3 种人工智能的研究方法各有优、缺点,既有擅长的处理能力,又有一定的局限性。仔细学习和研究各个学派思想和研究方法之后,不难发现,各种模拟方法可以取长补短,实现优势互补。过去在激烈争论时期,那种企图完全否定对方而以一家的主义和方法主宰人工智能世界的氛围正在被互相学习、优势互补、集成模拟、合作共赢、和谐发展的新氛围所取代。

采用集成模拟方法研究人工智能,一方面,各学派密切合作,取长补短,可以把一种方法无法解决的问题转化为另一种方法能够解决的问题;另一方面,逐步建立统一的人工智能理论体系和方法论,在一个统一系统中集成了逻辑思维、形象思维和进化思想,创造了人工智能更先进的研究方法。要完成这项任务,任重而道远。

1.4 机器智能研究领域

迄今为止,几乎所有的学科与技术分支都在享受着人工智能带来的福利。因此,人工智能涉及的研究和应用领域非常广泛,本章只列举一些常见的研究方向。

1.4.1 机器思维的概念

机器思维通常指的是计算机的思维,计算机即通过计算、逻辑推理来解决问题。机器思维是人类所创造的,随着计算机技术的进步,人工智能领域方面的突破,机器思维正在向人类思维靠拢。

随着计算机在 20 世纪的发展,计算机的功能也正在向人类靠近,甚至在某些方面已经超过了人类。计算机的思维方式是人为的,可以通过计算、推理来解决问题,但是因为技术和硬件的限制,使得机器思维与人类思维尚存有很大的差距,即机器还不具有像人一样的思维,从现阶段的技术可以发现,计算机正在努力向着“思想化”的方向前进,也可以称作拟人化。本书通过探讨机器思维和人类思维的差异和相似之处,帮助读者更好地认识机器的本质,使得机器思维能够更好地发展。

1.4.2 机器感知的概念

机器感知(machine perception, MP)或机器认知(machine recognition, MR)研究如何用机器或计算机模拟、延伸和扩展人的感知或认知能力,包括机器视觉、机器听觉、机器触觉等。例如,计算机视觉、模式识别、自然语言理解等,都是人工智能领域的重要研究内容,也是在机器感知或机器认知方面高智能水平的计算机应用^[5]。机器感知是一连串复杂程序

所组成的大量系统规模信息处理,信息通常由很多常规传感器采集,经过这些程序处理后,会得到一些非基本感官所能得到的结果。

1.4.3 机器行为的概念

机器行为也称为行为机器(behavioral machine, BM),指具有人工智能行为的机器,或者说,能模拟、延伸与扩展人的智能行为的机器。例如:智能机械手、机器人、操作机;自然语言生成器;智能控制器,如专家控制器、神经控制器、模糊控制器等。这些智能机器或智能控制器具有类似于人的某些智能行为,如自适应、自学习、自组织、自协调、自寻优等。因而,能够适应工作环境的变化,通过学习改进性能,根据需求改变结构,相互配合、协同工作,自行寻找最优工作状态。

1.4.4 机器学习的概念

机器学习是一门多领域交叉学科,涉及概率论、统计学、逼近论、凸分析、算法复杂度理论等多门学科。它专门研究计算机怎样模拟或实现人类的学习行为,以获取新的知识或技能,重新组织已有的知识结构使之不断改善自身的性能。机器学习(machine learning, ML)也是一门研究计算机如何模拟人类学习活动、自动获取知识的学科。机器学习是知识工程的三个分支(获取知识、表示知识、使用知识)之一,也是人工智能的一个重要研究领域。

现如今,机器学习已经应用于多个领域,远超出大多数人的想象,在日常学习生活中,假设你想给某位同学庆祝生日,并打算通过 E-mail 发一张生日贺卡。当你打开搜索引擎搜索时,就显示了好多相关链接,你就可以在里面挑选你喜欢的内容,并且通过邮箱发送出去。在此期间,浏览器已经帮你过滤了众多的广告和垃圾信息。这一简单的应用场景,都有机器学习的存在。很多公司都在使用机器学习软件改善商业决策、提高生产率、检测疾病,同时也要为未来的大数据做好充分的准备。机器学习横跨计算机科学、工程技术和统计学等多个学科,需要多学科的专业知识,下文中将会详细介绍。机器学习也可以作为实际工具应用于从政治到地质学的各个领域,解决其中的很多问题。

1.5 人工智能研究领域

1.5.1 计算智能与分布智能

1. 计算智能的特点

计算智能只是一种经验化的计算机思考性程序,是人工智能化体系的一个分支,也是辅助人类处理各种问题的具有独立思考能力的系统。系统的智能性随着计算机的发展和需要完成的任务的复杂性增加而不断增强。智能计算已经完全投入工业生产和生活之中。智能计算包括遗传算法、模拟退火算法、禁忌搜索算法、进化算法、启发式算法、蚁群算法、人工鱼群算法、粒子群算法、混合智能算法、免疫算法、人工智能、神经网络、机器学习、生物计算、DNA 计算、量子计算、智能计算与优化、模糊逻辑、模式识别、知识发现、数据挖掘等。智能计算不是一个全新的物种,是通用计算发展而来的,它既是对通用计算的延续与升华,更是应对 AI 趋势的新计算形态^[6]。

智能计算需要具备以下几个关键特征：

- (1) 持续进化,即自我智能管理与升级的能力。
- (2) 环境友好,即与地理环境位置无关的随地部署、无缝连接与高效协同。
- (3) 开放生态,即产业上下游多方均可广泛参与,共创共享 AI 红利。

也就是说,利用先进的 IT、CT 技术(芯片、架构、AI 等),首先是实现 IT 基础设施的智能化升级(智能管理、在线升级与进化),依据不同业务负载,智能分配最优计算资源,从而提升 IT 基础设施的利用效率,优化当前业务的总体拥有成本(total cost of ownership, TCO);其次是面向未来 AI 新业务形态,提供充沛且经济的算力,且可随时随地开发、部署、使用与协同,降低 AI 的使用门槛,让 AI 成为一种通用与普惠的计算资源;最后是开放架构与生态,让更多的参与者有机会参与。

人类的大部分智能活动往往涉及由多人组成的组织、群体及社会等,并且往往是由多个人、多个组织、多个群体,甚至整个社会协作进行的。在模拟和实现人类的这种智能行为时,人们提出了分布智能的概念。分布式智能主要研究在逻辑上或物理上分布的智能系统和智能对象之间,如何相互协调各自的智能行为,包括知识、动作和规划,以实现对大型复杂问题的分布式求解。

2. 分布智能的特点

(1) 分布性。分布式智能系统中不存在全局控制和全局的数据存储,所有数据、知识和控制,无论在逻辑上还是在物理上都是分布的。

(2) 互联性。分布式智能系统的各子系统之间通过计算机网络实现互联,其问题求解过程中的通信代价一般要比问题求解代价低得多。

(3) 协作性。分布式智能系统的各子系统之间通过相互协作进行问题的求解,并能够求解单个子系统难以求解,甚至无法求解的困难问题。

(4) 独立性。分布式智能系统的各子系统之间彼此独立,一个复杂任务能被划分为多个相对独立的子任务进行求解。

分布智能系统的主要研究方向有两个:一个是分布式问题求解,另一个是多智能体系统。其中,多智能体系统是分布智能研究的一个热点。

3. 分布式问题的求解

分布式问题求解的主要任务是要创建大力度的协作团体,使它们能为同一个求解目标而共同工作。其主要研究内容是如何在多个合作者之间进行任务划分和问题求解。

1) 分布式问题求解系统的类型

- (1) 层次结构,即任务是分层的。
- (2) 平行结构,即任务是平行的。
- (3) 混合结构,即任务总体分层,每层子任务平行。

2) 分布式问题求解的协作方式

- (1) 任务分担方式,即节点之间通过分担执行整个任务的子任务相互协作。
- (2) 结果共享方式,即节点之间通过共享部分结果相互协作。

3) 分布式问题求解的求解过程

- (1) 判断任务是否可以接受。
- (2) 对任务进行分解。

- (3) 将任务分配到合适的节点。
- (4) 各节点对应子任务求解。
- (5) 系统对各子节点提交的局部解进行综合。
- (6) 用户满意,结束。

1.5.2 智能体系统的概念

1. 智能体的机理

图 1-1 所示为智能体(agent)的机理^[7],通过环境与智能体之间的动作、反应交互,将信息经过感知、通信、计算、认知、决策等步骤,返回环境中,构成一个循环。

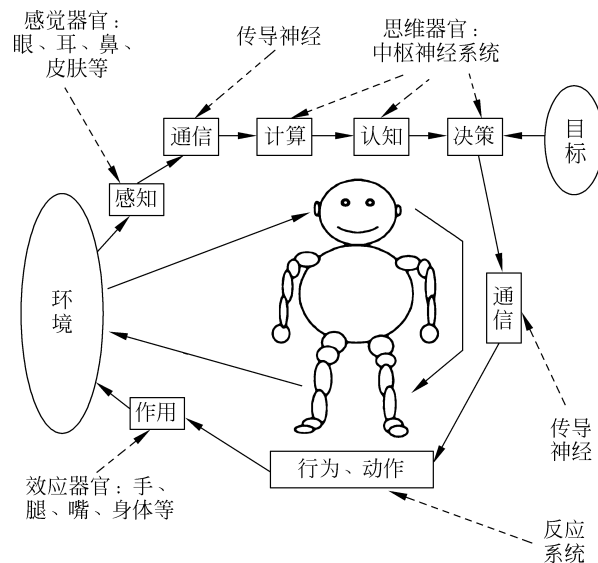


图 1-1 智能体机理

2. 反应智能体结构

反应智能体的基本结构如图 1-2 所示,总体结构如图 1-3 所示,其原理即环境与智能体之间的感知作用,通过传感器对环境进行感知,并通过信息处理得到作用决策,用效应器对环境产生作用,达到反应的目的。

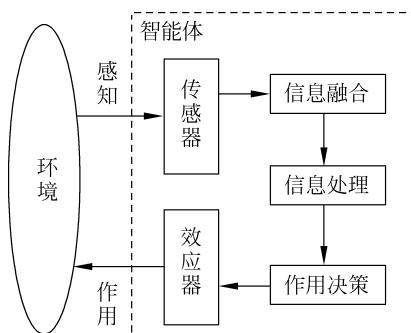


图 1-2 反应智能体的基本结构

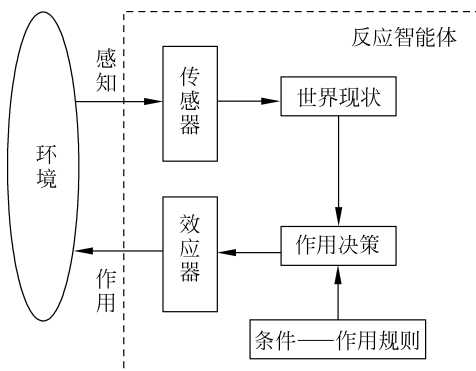


图 1-3 反应智能体的总体结构

3. 认知智能体结构

认知智能体结构如图 1-4 所示,其与反应智能体不同的地方在于,认知智能体通过内部现状、知识库和目标等先验知识对环境进行一定的作用。

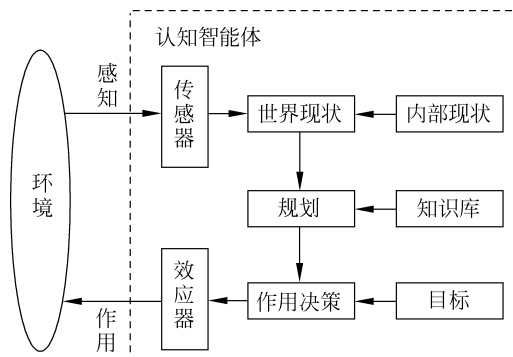


图 1-4 认知智能体结构

4. 混合智能体结构

混合智能体的结构如图 1-5 所示,其总体结构可以理解为反应智能体和认知智能体的结合,其反应更复杂也更精细。

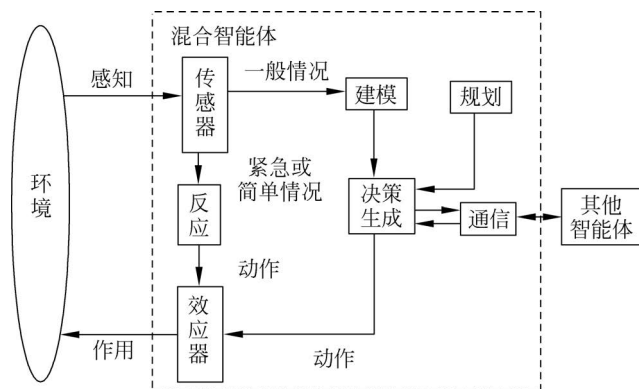


图 1-5 混合智能体结构

1.5.3 人工心理与人工情感

人工智能的研究发展已经达到了较高的水平,同时它的研究内容也在逐渐扩展和延伸。新世纪科学研究发展的特征是多学科交叉,而纳米生物信息认知(nano bio info cogno, NBIC)会聚技术为人工智能的研究指明了方向。研究情感与认知的关系需要人工智能领域的专家扩展研究人工情感与人工心理问题。使计算机拥有人工情感乃至人工心理处理能力是由人工智能创始人之一、美国 MIT 大学的 Minsky 教授首先提出的^[8],早在 1985 年他就指出:问题不在于智能机器能否拥有任何情感,而在于机器实现智能时如何能够没有情感。目前对这个领域的研究已经在国内许多单位展开,可以说,对人工情感乃至人工心理的研究已经成为一种趋势。但是,此领域的理论基础还不成熟,研究工作也不成体系,文中从整体上综述了人工心理与人工情感的研究进展,并提出了未来需要研究解决的学术问题。