

第一篇

人工智能基本原理

第一章 绪 论

人工智能是计算机科学的一个分支，它是在当前科学技术迅速发展及新思想、新观点、新理论、新技术不断涌现的形势下产生的一个学科，也是一门涉及数学、计算机科学、控制论、信息论、心理学、哲学等学科的交叉和边缘学科。自 20 世纪 50 年代首次提出人工智能这一术语以来，在 40 多年的时间内，人工智能学科的发展经历了不少的争论、困难和挑战，曲曲折折，起起伏伏，但在研究者们百折不挠的努力下，它还是不断向前，发展壮大。它的诞生与发展成为 20 世纪最伟大的科学成就之一。研究者们坚信，人工智能技术将在 21 世纪以信息技术为主导的网络技术知识经济中，具有举足轻重的地位和影响，对推动科学技术的进步和发展将会发挥更大的作用。

本章将简单地介绍人工智能的诞生及其发展过程和人工智能的基本概念，并对人工智能研究的各个学派及其研究和应用领域进行讨论。

1.1 人工智能的诞生及发展

人工智能的诞生可以追溯到 20 世纪 50 年代。1956 年夏季，美国一些从事数学、心理学、计算机科学、信息论和神经学研究的年轻学者，汇聚在达特茅斯 (Dartmouth) 大学 举办了一次长达两个月的学术讨论会，认真热烈地讨论了用机器模拟人类智能的问题。在这次会议上，第一次使用了“人工智能”这一术语，以代表有关机器智能这一研究方向。这是人类历史上第一次人工智能研讨会，标志着人工智能学科的诞生，具有十分重要的意义。

自从人工智能学科诞生到现在已有 40 多年的历史，40 多年来人工智能的发展经历了不少的曲折。

20 世纪 50 年代，以游戏、博弈为对象开始了人工智能的研究工作，其间以电子线路模拟神经元及人脑的研究均告失败。

20 世纪 60 年代前期，以研究搜索方法和一般问题的求解为主。1960 年美国的麦卡锡 (J. McCarthy) 发明了人工智能程序设计语言 Lisp，它是一种函数式语言 (Functional Language)，适合于对符号进行处理，其处理的惟一对象就是符号表达式。LISP 程序就是用

来对符号表达式进行加工和处理的。1963年纽厄尔(A. Newell)发表了问题求解程序,走向了以计算机程序模拟人类思维的道路,第一次把问题的领域知识与求解方法分离开来。60年代后期,在机器定理证明方面取得了重大进展,并在规划问题方面开展了相应的研究。1965年鲁宾逊(Robinson)提出了归结原理,实现了自动定理证明的重大突破。1968年奎利恩(J. R. Quillian)在研究人类联想记忆时,认为记忆是由概念间的联系实现的,提出了知识表示的语义网络模型。

20世纪70年代,人工智能的研究已在世界许多国家相继展开,研究成果大量涌现。1972年法国马赛大学的科默寥尔(A. Colmerauer)提出并实现了逻辑程序设计语言PROLOG;斯坦福大学的肖特里费(E. H. Shortliffe)等人从1972年开始研制用于诊断和治疗感染性疾病的专家系统MYCIN;1970年国际性的人工智能杂志《Artificial Intelligence》创刊,它对推动人工智能的发展、促进研究者的交流起到了重要作用。但这时,由于在机器翻译、问题求解、机器学习等领域出现了一些问题,人工智能受到责难。在困难和挫折面前,人工智能研究的学者们没有退缩,他们继续进行深入的研究。经过认真的反思和总结以前的研究经验及教训,1977年费根鲍姆(E. A. Feigenbaum)提出了知识工程的概念,引发了以知识工程和认知科学为主的研究。以知识为中心开展人工智能研究的观点被大多数人所接受。这时,专家系统开始广泛应用,专家系统的开发工具也不断出现,人工智能产业日渐兴起。人工智能的研究又迎来了以知识为中心的蓬勃发展新时期。

20世纪80年代,由于知识工程概念的提出和专家系统的初步成功,人工智能以推理技术、知识获取、自然语言理解和机器视觉的研究为主,开始了不确定推理、非单调推理、定性推理方法的研究。知识获取的研究已成为热门。在整个80年代,专家系统和知识工程在全世界得到迅速发展。有些人工智能的产品已成为商品。

20世纪90年代以来,专家系统、机器翻译、机器视觉、问题求解等方面的研究已有实际应用,同时,机器学习和人工神经网络的研究深入开展,形成了高潮。当前比较热门的信息过滤、分类、数据挖掘等都属于机器学习的知识获取范畴。另外,不同学派间的争论也非常激烈,这些都进一步促进了人工智能的发展。

1.2 人工智能的定义

人工智能的研究虽然已有40多年的历史,但和许多新兴学科一样,人工智能至今尚无统一的、严格的定义,要给人工智能下一个准确的定义是困难的。顾名思义,所谓人工智能就是用人工的方法在机器(计算机)上实现的智能;或者说,是人们使用机器模拟人类的智能。由于人工智能是在机器上实现的,因此又可称之为机器智能。

既然人工智能所研究的是用计算机模拟人类智能，那首先应该了解什么是人类智能，它有什么特点和特征。所谓人类智能就是人类所具有的智力和行为能力，而这种智力和行为能力是以知识为基础的。智力行为的目的是获取知识，并运用知识去求解问题。也就是说，智力是获取知识并运用知识去求解问题的能力。人类智能的特点主要体现在感知能力、记忆与思维能力、归纳与演绎能力、学习能力以及行为能力等几个方面。感知能力是指人们通过视觉、听觉、触觉、味觉、嗅觉等感觉器官感知外部世界的能力，是人类获取外部信息的基本途径。人类就是通过感知获取有关信息，再经过大脑加工来获得其大部分知识。记忆与思维能力是人脑最重要的功能，也是人类之所以有智能的根本原因所在。记忆用于存储由感觉器官感知到的外部信息以及由思维所产生的知识；思维用于对记忆的信息进行处理，即利用已有的知识对信息进行分析、计算、比较、判断、推理、联想、决策等。思维是一个动态过程，是获取知识以及运用知识求解问题的根本途径。思维可分为逻辑思维、形象思维以及在潜意识激发下获得灵感而“忽然开窍”的顿悟思维等。其中，逻辑思维与形象思维是两种基本的思维方式。逻辑思维又称为抽象思维，它是一种根据逻辑规则对信息进行处理的方式，反映了人们以抽象的、间接的、概括的方式认识客观世界的过程。形象思维又称为直感思维，它是一种以客观现象为思维对象、以感性形象认识为思维材料、以意象为主要思维工具、以指导创造物化形象的实践为主要目的的思维活动。归纳与演绎能力是人类进行问题求解的两种推理方式。归纳能力是人们可以通过大量实例，总结出具有一般性规律的知识的能力；而演绎能力则是人类根据已有知识和所感知到的事实，推理求解问题的能力。学习是人类的本能，每个人都在随时随地地进行着学习，既可能是自觉的、有意识的，也可能是不自觉、无意识的；既可以是教师指导的，也可以是通过自己实践的。人们的学习是通过与环境的相互作用而进行的，通过学习可以积累知识，增长才干，适应环境的变化，充实、完善自己。行为能力是人们对感知到的外界信息的一种反应能力。

尽管目前对人工智能还难以给出其完整、严格的定义，但还是可以从不同的侧面对其做一些狭义的描述。

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。所谓的智能机器就是能够在各类环境中自主地或交互地执行各种拟人任务的机器。人工智能学科包括研究如何设计和构造智能机器（智能计算机）或智能系统，使它能模拟、延伸、扩展人类智能；如何在这种智能机器（计算机）上来实现人类智能，使机器具有类似于人的智能；如何来应用这种智能机器。

从另一个角度来看，人工智能是研究怎样使计算机来模仿人脑所从事的推理、证明、识别、理解、设计、学习、思考、规划以及问题求解等思维活动来解决需要人类专家才能处理的复杂问题。如医疗诊断、石油测井解释、气象预报、交通运输管理等决策性课题。

从实用的观点看，人工智能是一门知识工程学。它以知识为对象，主要研究知识的获

取、知识的表示方法和知识的使用（运用知识进行推理）。

1.3 人工智能研究的方法及途径

1.3.1 人工智能研究的各种学派及其理论

人工智能是一门新兴的学科，对它的研究产生了许多学派。例如，以麦卡锡和尼尔森（N. J. Nilsson）为代表的逻辑学派；以纽厄尔和西蒙（H. A. Simon）为代表的认知学派；以费根鲍姆为代表的知识工程学派（研究知识在人类智能中的作用与地位，提出了知识工程的概念）以麦克莱伦德（J. L. Meeckland）和鲁尔哈特（J. D. Rmelhart）为代表的联结学派（研究神经网络）以休伊特（C. Hewitt）为代表的分布式学派（研究多智能系统中的知识与行为）以及以布鲁克（R. A. Brook）为代表的进化论学派等。不同的学派其研究内容与研究途径也都有所不同。

从人工智能的研究途径来看，目前主要有三种观点。第一种观点主张运用计算机科学的方法进行人工智能的研究，通过研究逻辑演绎在计算机上的实现方法，实现人类智能在计算机上的模拟。这种观点称为符号主义。符号主义（Symbolicism）又称为逻辑主义（Logicism）或计算机学派（Computerism），认为人类智能的基本单元是符号，认知过程就是符号表示下的符号计算，从而思维就是符号计算。其原理主要为物理符号系统假设和有限合理性原理。第二种观点主张用仿生学的方法进行研究，通过研究人脑的工作模型，搞清楚人类智能的本质，这种观点称为联结主义。联结主义（Connectionism）又称为仿生学派（Bionicsism），认为人类智能的基本单元是神经元，认知过程是由神经元构成的网络的信息传递，这种传递是并行分布进行的。其原理主要为神经网络及神经网络间的连接机制与学习算法。第三种观点主张应用进化论的思想进行人工智能的研究，通过对外界事物的动态感知与交互，使计算机智能模拟系统逐步进化，提高智能水平，这种观点称为行为主义。行为主义又称进化主义，认为人工智能起源于控制论，提出智能取决于感知和行动（所以被称为行为主义）取决于对外界复杂环境的适应，它不需要知识、不需要表示、不需要推理。智能行为只能在与现实世界的环境交互作用中表现出来，人工智能也会像人类智能一样通过逐步进化而实现（所以称为进化主义）。其原理主要是通过控制论和机器学习算法实现智能系统的逐步进化。

1. 符号主义

符号主义认为，人对客观世界认识的认知基元是符号，而且认知过程即是符号操作的过

程，人本身就是一个物理符号系统。人通过自己的眼睛观察客观世界，将所观察的事物以符号的形式表示出来，并输入“人”这个符号系统进行处理，这种处理过程即是符号操作过程或称推理过程，通过这种操作过程达到认知客观世界的目的。而要将客观世界以符号形式表示出来，就要使用数学逻辑，所以符号主义认为人工智能源于数学逻辑。数学逻辑从 19 世纪末起就获得了迅速发展，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，这是由于计算机也是一个物理符号系统，它可以对以逻辑符号表示的知识进行逻辑演绎。既然计算机和人都是物理符号系统，而人工智能的研究目标又是实现机器智能，所以，就可以用计算机自身所具有的符号处理推算能力来模拟人的智能行为，即用计算机的符号操作来模拟人的认知过程。如果从这一角度看，可以说，人的思维是可操作的。同时符号主义还认为，知识是人们把实践中获得的信息关联在一起所形成的信息结构，是构成智能的基础。人工智能的核心问题是知识表示、知识推理和知识运用。知识可以用符号来表示，也可以用符号进行推理，因而有可能建立起基于知识的人类智能和机器智能的统一理论体系。

正是基于以上认识，符号主义学派的研究方法是以符号处理为核心，通过符号处理来模拟人类求解问题的心理过程。这种方法是由纽厄尔与西蒙等人于 20 世纪 50 年代中期在研究通用问题求解系统 (General Problem Solver, GPS) 时首先提出来的，目前人工智能的大部分研究成果都是基于这种方法实现的。

该学派的研究内容就是基于逻辑的知识表示和推理机制。基于逻辑的知识表示方法的研究主要是研究如何用谓词逻辑表示知识，而这种知识是一种确定性的知识。推理机制的研究方面目前主要方法是鲁宾逊的归结推理方法。

这个学派的代表人有纽厄尔、西蒙、麦卡锡和尼尔森、鲁宾逊、肖特里费等。正是这些符号主义者早在 1956 年首先采用“人工智能”这个术语。后来又逐步发展了启发式算法、专家系统、知识工程理论与技术并在 20 世纪 80 年代取得很大进展。符号主义曾长期一枝独秀，为人工智能的发展做出重要贡献，尤其是肖特里费于 1972 年成功开发并应用了专家系统 MYCIN，为人工智能走向工程应用和实现理论联系实际具有特别重要意义。在人工智能其他学派出现之后，符号主义者仍然是人工智能的主流派。

2. 联结主义

符号主义学派是基于数学逻辑对知识进行表示和推理，进而解决现实世界中的许多问题。但是人们并非仅仅依靠逻辑推理来求解问题，有时非逻辑推理在求解问题的过程中起着更重要的作用，甚至是决定性的作用。人的感知过程主要是形象思维，这是逻辑推理做不到的，因而无法用符号方法进行模拟。另外，用符号表示概念时，其有效性在很大程度上取决于符号表示的正确性，当把有关信息转换成推理机构能进行处理的符号时，将会丢失一些重要信息，它对带有噪声的信息以及不完整的信息也难以进行处理。这就表明单凭符号方

法来解决智能中的所有问题是不可能的。

联结主义学派又称仿生学学派，它认为人工智能可以通过仿生人脑的结构来实现。大脑是人类一切智能活动的基础，而人的思维基元是神经元，而不是符号处理过程。它对物理符号系统假设持反对意见，认为人脑不同于电脑，要进行人工智能的研究，就要研究人的大脑工作模式，因而应该研究大脑神经元及其连接机制，搞清楚大脑的结构以及它进行信息处理的过程与机理，揭示人类智能的奥秘，从而真正实现人类智能在机器上的模拟。它的代表性成果是 1943 年由生理学家麦卡洛克 (W. McCulloch) 和数理逻辑学家皮茨 (W. Pitts) 创立的脑模型即 M-P 模型。M-P 模型开创了用电子装置模仿人脑结构和功能的新途径。它从神经元开始进而研究神经网络模型和脑模型，开辟了人工智能的又一发展道路。20 世纪 60~70 年代以感知器 (Perceptron) 为代表的脑模型的研究曾出现过热潮，由于当时的理论模型、生物原型和技术条件的限制，脑模型研究在 70 年代后期至 80 年代初期落入低潮，直到霍普菲尔德 (J. J. Hopfield) 教授在 1982 年和 1984 年发表两篇重要论文，提出用硬件模拟神经网络时，联结主义又重新抬头。1986 年鲁梅尔哈特 (J. D. Rumelhart) 等人提出多层网络中的反向传播 (B-P) 算法，此后，联结主义势头大振，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基础。现在，对人工神经网络 (ANN) 的研究仍然热火朝天。

联结主义学派的研究方法就是以网络连接为主的连接机制方法，它属于非符号处理范畴，它所研究的内容实际就是神经网络。

这个学派的代表人有麦克莱伦德 (J. L. McClelland) 和鲁梅尔哈特 (J. D. Rumelhart) 等。尽管人工神经网络的研究热火朝天，但应该看到以网络连接为主的连接机制方法不适合模拟人们的逻辑思维过程，而且就目前神经网络的研究现状来看，由固定的体系结构与组成方案所构成的系统还达不到开发多种多样知识的要求，因此单靠连接机制方法来解决人工智能中的全部问题也是不现实的。

3. 行为主义

行为主义学派 (Actionism) 又称进化主义 (Evolutionism) 学派，有时还把它称为控制论学派 (Cyberneticsism)。这种观点认为人工智能起源于控制论，智能取决于感知和行动 (所以被称为行为主义)，它不需要知识、不需要表示、不需要推理。其代表人是布鲁克 (R. A. Brook) 他于 1991 年提出了“没有表达的智能”，1992 年又提出了“没有推理的智能”，这是他根据自己对人造机器动物的研究与实践提出的与众不同的观点。该理论认为，人的本质能力是在动态环境中的行为能力、对外界事物的感知能力、维持生命和繁衍生息的能力，正是这些能力对智能的发展提供了基础，因此智能行为只能在与现实世界的环境交互作用中表现出来，这似乎符合达尔文的进化论，即人工智能也会像人类智能一样通过逐步进化而实现 (所以称为进化主义)，而不需要有知识表示和知识推理。该理论的核心是用控制取代知

识表示，从而取消概念、模型以及显式表示的知识，否定抽象对于智能及智能模拟的必要性，强调分层结构对于智能进化的可能性与必要性。目前这一观点尚未形成完整的理论体系，有待进一步研究，但由于它与人们的传统看法完全不同，因而引起了人工智能界的注意。

1.3.2 实现人工智能的技术路线

采用什么样的技术路线和策略来开发研制智能系统与智能产品，也存在着不同的看法，下面是目前几种常被采用的技术路线，在实际应用中常将它们结合起来使用。

(1) 专用路线

是指开发研制一些专用的智能计算机（如 LISP 机、PROLOG 机）或专用的软件系统（如 EMYCIN 专家系统开发工具），或者专门用于开发人工智能系统的计算机语言（如 LISP 语言、PROLOG 语言）。

(2) 通用路线

是指现有的一般计算机硬件和软件系统能够有效地支持人工智能系统的开发，并能够解决一般的人工智能问题。通用路线认为，在人工智能应用系统及产品的开发过程中，应该将知识工程视做软件工程的一个分支，充分利用知识工程的思想，将之融入整个系统或产品开发的全过程中。

(3) 硬件路线

认为智能机器的开发主要有赖于各种智能硬件、智能工具及固化技术，没有这些技术，智能产品的开发是不可能的，因此人工智能的发展，还有赖于硬件技术的发展，诸如超大规模集成电路、神经网络等的发展。

(4) 软件路线

认为智能机器的研制主要在于各种智能软件及工具的开发和运用，发展软件技术是人工智能发展的必由之路。因此，启发性程序设计、自动编程系统、知识工程以及其他各种智能算法就成了研究的主要对象。这里要说明的一点是目前各种面向对象的语言编程系统以及各种应用系统的开发工具都带有辅助人类编程的功能，或者说稍稍带点智能编程的功能。

1.4 人工智能的研究及应用领域

目前，人工智能的研究及应用领域很多，大部分是结合具体领域进行的，主要研究领域有问题求解、机器学习、专家系统、模式识别、自动定理证明、自然语言理解等。

1.4.1 问题求解

人工智能的第一个大成就就是发展了能够求解难题的下棋程序。通过研究下棋程序，人们发展了人工智能中的搜索策略及问题归约技术。搜索尤其是状态空间搜索和问题归约，已经成为问题求解的一种十分重要而又非常有效的手段，也是人工智能研究中的一个重要方面。人工智能中的许多概念如归约、推断、决策、规划等都与问题求解有关。

问题求解的研究涉及问题表示空间的研究、搜索策略的研究和归约策略的研究。目前有代表性的问题求解程序就是下棋程序，计算机下棋程序涉及中国象棋、国际象棋、跳棋等，水平已达到了国际锦标赛的水平。1991年8月在悉尼举行的第12届国际人工智能联合会议上，IBM公司研制的Deep Thought 2计算机系统就与澳大利亚国际象棋冠军约翰森举行了一场人-机对抗赛，结果以1:1平局告终；1997年5月IBM公司研制的IBM超级计算机“深蓝”在美国纽约曼哈顿与当时人类国际象棋世界冠军苏联人卡斯帕罗夫对弈6盘，结果“深蓝”获胜。尽管计算机下棋程序具有了很高的水平，但还有一些未解决的问题，比如人类棋手所具有的但尚不能明确表达的能力，如国际象棋大师们洞察棋局的能力。这些问题正是人工智能问题求解下一步所要解决的。

1.4.2 机器学习

具有学习能力是人类智能的主要标志，学习是人类获取知识的基本手段。要使机器像人一样拥有知识，具有智能，就必须使机器具有获得知识的能力。使计算机获得知识的方法一般有两种：一种是人们把有关知识归纳、整理在一起，并用计算机可接受、处理的方式输入到计算机中去；另一种是使计算机自身具有学习能力，它可以直接向书本、向教师学习，亦可以在实践过程中不断总结经验、吸取教训，实现自身的不断完善。后一种方式一般称为机器学习。

机器学习是研究如何使用计算机来模拟人类学习活动的研究领域。更严格地说，就是研究计算机获取新知识和新技能、识别现有知识、不断改善性能、实现自我完善的方法。

机器学习研究的目标有3个：人类学习过程的认知模型；通用学习算法；构造面向任务的专用学习系统的方法。

(1) 人类学习过程的认知模型即是对人类学习机理的研究，这种研究不仅对人类的教育，而且对开发机器学习系统都有重要的意义；

(2) 通用学习算法即是对人类学习过程的研究，探索各种可能的学习方法，建立起独立于具体应用领域的通用学习算法；

(3) 构造面向任务的专用学习系统，这是工程性的目标，亦即要解决专门的实际问题，并开发完成这些专门任务的学习系统。

1.4.3 专家系统

专家系统是目前人工智能中最活跃、最有成效的一个研究领域。专家系统是一种基于知识的计算机知识系统，它从人类领域专家那里获得知识，并用来解决只有领域专家才能解决的困难问题。因此可以这样来定义专家系统：专家系统是一种具有特定领域内大量知识与经验的程序系统，它应用人工智能技术，根据某个领域一个或多个人类专家提供的知识和经验进行推理和判断，模拟人类专家求解问题的思维过程，以解决该领域内的各种问题。

1.4.4 模式识别

机器感知是机器智能的一个重要方面，是机器获取外部信息的基本途径。模式识别就是研究如何使机器具有感知能力的一个研究领域，其中主要研究对视觉模式及听觉模式的识别。

“模式”一词的本意是指一些供模仿的标准式样或标本。所以，模式识别就是指识别出给定物体所模仿的标本。人们在生产和生活中，都离不开模式识别。例如，在一堆工具中寻找自己所需的型号的扳手，森林发生虫灾，飞行员要找到遭受虫灾的森林，再喷洒农药，这些都是模式识别。但人工智能所研究的模式识别是指用计算机代替人类或帮助人类感知模式，是对人类感知外界功能的模拟。所研究的计算机模式识别系统就是使一个计算机系统具有模拟人类通过感官接触外界信息、识别和理解周围环境的感知能力。

1.4.5 自动定理证明

自动定理证明的研究在人工智能方法的发展中曾经产生过重要的影响和推动作用，是人工智能中最先进行研究并得到成功应用的一个研究领域。许多非数学领域的任务，如医疗诊断、信息检索、机器人规划和难题求解等都可以转化成一定理证明问题，所以自动定理证明的研究具有普遍意义。

定理证明的实质是对前提 P 和结论 Q 证明 $P \rightarrow Q$ 的永真性。但是，要直接证明 $P \rightarrow Q$ 的永真性一般来说是很困难的，通常采用的方法是反证法。在这一方面，海伯伦 (Herbrand) 与鲁宾逊先后进行了卓有成效的研究，提出了相应的理论及方法，为自动定理证明奠定了理论基础。尤其是鲁宾逊提出的归结原理使定理证明得以在计算机上实现，对机

器推理做出了重要贡献。关于自动定理证明的理论及方法将在第三章进行讨论。

1.4.6 自动程序设计

自动程序设计包括程序综合与程序正确性验证两个方面的内容。程序综合用于实现自动编程,即用户只需告诉计算机要“做什么”,无须说明“怎样做”,计算机就可自动实现程序的设计。程序正确性的验证是要研究出一套理论和方法,通过运用这套理论和方法就可证明程序的正确性。目前常用的验证方法可以说是穷举法,即用一组已知其结果的数据对程序进行测试,如果程序的运行结果与已知结果一致,就认为程序是正确的。这种方法对于简单程序来说未必不可,但对于一个复杂系统来说就很难行得通。因为复杂程序中存在着纵横交错的复杂关系,形成难以计数的通路,用于测试的数据即使是很多,也难以保证对每一条通路都能进行测试,这就不能保证程序的正确性。程序正确性的验证至今仍是一个比较困难的课题,有待进一步开展研究。

1.4.7 自然语言理解

如果能让计算机“听懂”、“看懂”人类自身的语言(如汉语、英语、法语等),那将使更多的人可以使用计算机,大大提高计算机的利用率。自然语言理解就是研究如何让计算机理解人类自然语言的一个研究领域。从宏观上看,自然语言理解是指机器能够执行人类所期望的某些语言功能。这些功能包括:

(1) 回答有关提问

计算机能正确理解人们用自然语言输入的信息,并能正确回答输入信息中的有关问题。

(2) 摘要生成和文本释义

对输入的信息,计算机能产生相应的摘要;能用不同词语和句型对输入的信息进行复述。

(3) 计算机能把用某一种自然语言表示的信息自动地翻译为另一种自然语言

例如,把英语翻译成汉语,或把汉语翻译成英语等。

然而,对自然语言的理解却是一个十分艰难的任务。即使建立一个只能理解片言支语的计算机系统,也是很不容易的。这中间有大量的极为复杂的编码和解码问题。一个能够理解自然语言的计算机系统,就像一个人那样需要上下文知识以及根据这些知识和信息进行推理的过程。自然语言不仅有语义、语法和语音问题,而且还存在模糊性等问题。

自然语言理解的研究可以追溯到 20 世纪 50 年代初期。有关自然语言的研究进展情况将在第七章进行讨论。

1.4.8 机器人学

机器人学是人工智能研究中日益受到重视的研究领域。这个领域研究的问题，从机器人手臂的最佳移动到实现机器人目标的动作序列的规划方法，无所不包。尽管已经研制出了一些比较复杂的机器人系统，但目前在工业上应用的成千上万台机器人，都是一些按预先编好的程序执行某些重复作业的简单装置，即属于可再编程序控制机器人，也可以称做是第一代机器人。这种机器人能有效地从事安装、搬运、包装、机械加工等工作，但它只能刻板地完成程序规定的动作，不能适应变化了的情况。第二代机器人也称做自适应机器人，其主要标志是自身配备有相应的感觉传感器，如视觉传感器、触觉传感器、听觉传感器等，并用计算机对之进行控制。这种机器人通过传感器获取作业环境、操作对象的简单信息，然后由计算机对获得的信息进行分析、处理，控制机器人的动作。由于它能随着环境的变化而改变自己的行为，故称为自适应机器人。第三代机器人是指具有类似于人的智能的所谓智能机器人，这种机器人具有感知环境的能力，配备有视觉、听觉、触觉、嗅觉等感觉器官，能从外部环境中获取有关信息，具有思维能力，能对感知到的信息进行处理，以控制自己的行为。它还具有作用于环境的行为能力，能通过传动机构使自己的“手”、“脚”等肢体行动起来，正确、灵巧地执行思维机构下达的命令。

机器人学的研究涉及电子学、控制理论、系统工程、机械工程、仿生学、心理学等多个学科，是目前人工智能研究中比较活跃的研究领域，其发展前景是十分乐观的。

1.4.9 人工神经网络

人工神经网络的研究始于 20 世纪 40 年代。1943 年，生理学家麦卡洛克(W. McCulloch)和数理逻辑学家皮茨(W. Pitts)提出了形式神经元的数学模型(M-P 模型)从此开创了将数理科学与认知科学结合，探索人脑奥秘的过程。人工神经网络是一个用大量称做人工神经元的简单处理单元经广泛连接而组成的人工网络，用来模拟大脑神经系统的结构和功能。在经历了几十年的曲折发展道路之后，到了 20 世纪 80 年代，霍普菲尔德在神经网络建模及应用方面提出了 Hopfield 神经网络模型，以及鲁梅尔哈特等提出了多层网络中的反向传播(B-P)算法，使神经网络的研究再次出现高潮，步入鼎盛时期，取得了许多研究成果。

对人工神经网络模型、算法、理论分析和硬件实现的大量研究，为神经网络计算机走向应用提供了物质基础。现在，神经网络已经成为人工智能中一个极其重要的研究领域，它在模式识别、图像处理、组合优化、自动控制、信息处理、机器人学和人工智能的其他领域也获得日益广泛的应用。

1.4.10 智能检索

信息化社会的来临,带来了“知识爆炸”,国内外各种文献和资料种类繁多,浩如烟海,对它们的检索和查询远非人力和传统检索系统所能胜任。使用计算机智能检索已成为大势所趋。

目前的检索系统很多都是基于“词”进行检索的,比如要从大量的文献中检索出有关“计算机”方面的文献,如果利用基于“词”的方法进行检索,就不能把有关“电脑”的文献检索出来,而“电脑”本来和“计算机”是同一个概念。所以,基于概念的检索就比基于词的检索更有智能性。当然,这只是智能检索的一个问题,智能信息检索系统面临的问题还有许多,比如:如何能够建立一个能够理解以自然语言陈述的询问;如何能够根据询问及数据库中存储的规则和事实推导或演绎出答案。这实际又涉及到人工智能目前的新兴领域——数据挖掘和自然语言理解。

随着计算机技术的快速发展,人工智能的研究近几年来也取得了许多新的进展,许多新的研究领域不断出现,例如数据挖掘、网上信息过滤等都是些新兴的研究领域。除了上面介绍的研究领域外,有的学者还把智能控制、智能决策支持系统、机器视觉等看做人工智能的研究领域。随着科学技术的发展,人工智能各领域间联系将更加紧密,互相渗透,这种融合与渗透必将促进人工智能研究的发展,促使其走向实际应用。

习 题 一

- 1.1 什么是人类智能?它有哪些特征或特点?
- 1.2 人工智能是何时、何地、怎样诞生的?
- 1.3 什么是人工智能?它的研究目标是什么?
- 1.4 人工智能有哪些主要研究领域?
- 1.5 人工智能有哪几个主要学派?各自的特点是什么?
- 1.6 什么是以符号处理为核心的方法?
- 1.7 什么是以网络连接为主的连接机制方法?

第二章 知识表示方法

知识是人类智能的基础。人类在从事社会生活、生产活动和科学试验等社会实践活动中，其智能活动的过程主要是一个获取知识并运用知识的过程。人工智能是一门研究用计算机来模仿和执行人脑的某些智力功能的交叉学科，所以人工智能问题的求解也是以知识为基础的。如何从现实世界中获取知识、如何将已获得的知识以计算机内部代码的形式加以合理的表示以便于存储，以及如何运用这些知识进行推理以解决实际的问题，即知识的获取、知识的表示和运用知识进行推理是人工智能学科要研究的 3 个主要问题。本章将对知识的有关概念及常用的知识表示方法进行讨论。

2.1 概 述

2.1.1 知识、信息和数据

在人们日常生活及社会活动中，“知识”是常用的一个术语。例如，人们常说“我们要掌握现代科学知识”；“掌握的知识越多，你的机会就越多”等等。人们所涉及到的知识也是十分广泛的，例如，有的知识是多数人所熟悉的普通知识，而有的知识只是有关专家才掌握的专门领域知识。但是，到底什么是知识？知识有哪些特性？它与一般所说的信息有什么区别和联系？在这里做一些简单的讨论。

现实世界中每时每刻都产生着大量的信息，但信息是需要用一定的形式表示出来才能被记载和传递的，尤其是使用计算机来做信息的存储及处理时，更需要用一组符号及其组合进行表示。像这样用一组符号及其组合表示的信息称为数据。

数据与信息是两个密切相关的概念。数据是记录信息的符号，是信息的载体和表示。信息是对数据的解释，是数据在特定场合下的具体含义。只有把两者密切地结合起来，才能实现现实世界中某一具体事物的描述。另外，数据和信息又是两个不同的概念，相同的数据在不同的环境下表示不同的含义，蕴涵有不同的信息。比如，“100”是一个数据，它可能表

示“100元钱”也可表示“100个人”，若对于学生的考试成绩来说，可能表示“100分”。同样，相同的信息也可以用不同的数据表示出来。比如，地下工作者为了传达情报信息，可以用一首诗词的每一句的第一个字组成一句话，或用诗的斜对角线上的字组成的一句话来传达信息，也可能会用一个代码或数字来表示同一信息。

如上所述，现实生活中，信息是要以数据的形式来表达和传递的，数据中蕴涵着信息，然而，并不是所有的数据中都蕴涵着信息，而是只有那些有格式的数据才有意义。对数据中的信息的理解也是主观的、因人而异的，是以增加知识为目的的。比如，你看到“0351-7011320”这样的数字，可能会根据自己已有的知识猜测到它是一个电话号码，但不知道它是哪个城市的电话号码，但如果通过一些方法确定“0351”是太原市的区号后，以后再碰到相同格式的数据时，就会知道它代表太原市的一个电话号码，实际上你的知识也就增加了。不同格式的数据蕴涵的信息多少也不一样，比如，图像数据所蕴涵的信息量就大，而文本数据所蕴涵的信息量就少。

信息在人类生活中占有十分重要的地位，但是，只有当把有关的信息关联到一起的时候，它才有实际的意义，一般把有关信息关联在一起所形成的信息结构称为知识。知识是人们在长期的生活及社会实践、科学研究及实验中积累起来的对客观世界的认识与经验，人们把实践中获得的信息关联在一起，就获得了知识。

综上所述，知识、信息和数据是3个层次的概念。有格式的数据经过处理、解释过程会形成信息，而把有关的信息关联到一起，经过处理过程就形成了知识。知识是用信息表达的，信息则是用数据表达的，这种层次不仅反映了数据、信息和知识的因果产生关系，也反映了它们不同的抽象程度。人类在社会实践过程中，其主要的智能活动就是获取知识，并运用知识解决生活中遇到的各种问题。

2.1.2 知识的特性

知识是人们把实践中获得的信息关联在一起所形成的信息结构。正是由于知识来自于人们对客观世界的认识，所以知识具有以下一些特性。

1. 相对正确性

知识是人们对客观世界认识的结晶，并且又受到长期实践的检验。任何知识都是在一定环境和条件下产生的，所以知识的正确性也是在一定的前提下才能正确的。世界上没有任何永远正确的知识，而是相对正确的，比如，“ $1+1=2$ ”是一条妇孺皆知的正确知识，但它也只是在十进制的前提下才是正确的，如果在二进制体系中就不正确了。再比如，“在同一平面内，两条永不相交的直线叫做平行线”，这是一条极为普通的知识，但它的前提是“在同一平面内”，若没有这一前提，即使是两条永不相交的直线，也不能称做平行线。

2. 不确定性

知识是有关信息关联在一起形成的信息结构，“信息”与“关联”是构成知识的两大要素。由于现实世界的复杂性，信息可能是精确的，也可能是不精确的、模糊的；关联可能是确定的，也可能是不确定的。这就使得知识不总是只有真和假两种状态，而是在真和假之间存在有很多状态，即存在“真”的程度问题。知识的这一特性称为不确定性。例如，当观察某种动物的颜色时，可能说这种动物的颜色看起来是白色的，或可能是灰色的。再看看你眼前的课桌，它是什么颜色呢？你可能说是米黄色，另一个同学会说是橘红色，到底是什么颜色呢？实际上，这就说明你的观察中带有某种程度的不确定性。

3. 可表示性

知识是可以形式化的东西表示的，比如可以用语言、文字、图形、公式等来表达知识，正是由于知识的这一特性，才能将知识数据化，才能用计算机来存储知识、传播知识和利用知识。

4. 可利用性

我们每时每刻都在利用所掌握的知识来解决现实世界中的各种问题，如果知识不具有可利用性，我们就不能积累知识，世界就不会前进。

2.1.3 知识的分类

对知识从不同的角度划分，可得到不同的分类方法。

(1) 以知识的作用范围来划分，知识可分为常识性知识和领域性知识

常识性知识是通用性知识，是人们普遍知道的知识，可用于所有的领域。领域性知识是面向某个具体领域的知识，是专业性知识，只有相应专业领域的人员才能掌握并用来求解领域内的有关问题。比如“夏天热，冬天冷”、“万物生长靠太阳”就是通用性的知识，而“1个字节由8个位构成”、“1个扇区有512个字节的数据”都是计算机领域的知识。

(2) 就知识的作用及表示来划分，可分为事实性知识、规则性知识、控制性知识和元知识

事实性知识是指有关领域内的概念、事实、事物的属性、状态及其关系的描述，包括事物的分类、属性、事物间关系、科学事实、客观事实等。常以“……是……”的形式出现。事实性知识是静态的、可为人们共享的、可公开获得的公认的知识，在知识库中属低层的知识。比如“雪是白色的”、“鸟有翅膀”、“张三李四是好朋友”、“这辆车是张三的”、“太阳是红的”等等都是事实性知识。

规则性知识是指有关问题中与事物的行动、动作相联系的因果关系知识，这种知识