

一、电脑与人脑的结合





20 世纪以来，以微电子技术（提供计算机硬件的芯片）、计算机软件技术、通信网络等技术为支撑的信息技术，得到突飞猛进的发展。从经济的社会形态来看，信息资源、知识资源将在生产中占主导地位。这标志着现代社会生产已由工业化时代进入信息时代。回顾人类在工业革命之后的几百年中，经历了飞速前进的阶段。我们不仅有了蒸汽机、火车和轮船、飞机，以及各种动力设备，而且通过机械化、自动化，在使用机器代替完成体力劳动方面，我们获得了巨大的成功。移山填海、大江截流目前均已成为现实。当人们注视着自 20 世纪 50 年代第一台电脑（数字计算机）问世以来，电脑从开始进行数值计算，进行数据处理，逐渐发展到能够处理符号信息、图像语音信息，甚至各种知识信息，而且渗透到社会经济、管理以及各行各业与生活等无所不包的各个方面时，一个问题便会油然而生，那就是：以往用机器代替体力劳动方面已经获得了成功，现在有了电脑，电脑是一个处理信息的工具；人脑也是一个信息处理的器官，在用电脑来代替人脑的部分职能，用电脑模拟思维，产生智能行为方面，能否取得同样巨大的成功？这是信息时代必然会提出来的问题。当信息技术得到充分发展之后，人类就具备了用计算机来代替脑力劳动



部分职能的物质条件，在此基础上把人脑与电脑两者的功能很好地结合起来，发展智能科学技术，提供各式各样的智能系统。

关于智能的研究，可以说是有电脑的智能与人的智能两个大的方面。一方面是研究用电脑来实现智能行为。社会的需求与科技的发展，呼唤着一个新学科的诞生。19世纪以来，数理逻辑、自动机理论、控制论、信息论、仿生学、心理学、计算机等科学技术的发展，为一个新学科的诞生准备了思想、理论和物质基础。在这一背景下，1956年由美国的一些科学家，包括心理学家、数学家、计算机科学家、信息论学家在美国一所大学举办夏季讨论会，正式提出了人工智能 (Artificial Intelligence, 简称 AI) 这一术语，开始了具有真正意义的人工智能的研究。大陆习惯用“智能”，而在台湾则习惯用“智慧”，所以有人工智能与人工智慧两种不同的说法。顾名思义，人工智能便是尽可能地用机器体现或模拟人的智慧或智能行为，并且或许在这一方面最终改善并超出人的能力。人的智能与机器智能两方面的研究很难截然分开，两者往往交叉进行。下面我们将着重讨论机器智能有关的问题。

人工智能自诞生到现在，经历了40多年的风风雨雨。40年间，它历经沧桑，既有成功的欢乐，又有失败的困扰。



这个领域的先驱者们早期的主张和过高的期望（例如早在1958年，他们在取得一些成绩之后，就曾预言：10年之后，就可能研制成“电子秘书”，即能像秘书一样为人们服务的电子装置。10年后实践的结果，想象与现实差距甚大），使得许多其他思想家充满了怀疑并提出了尖锐的批评。对计算机实现人工智能有过激烈的争论。可以说，迄今还没有哪个学科像人工智能一样受到如此之多的非难。尽管如此，人工智能在许多方面所取得的进展，依然是非常引人注目的。这里首先将向大家介绍40年间大多数人工智能工作者们打算让计算机去做的最主要的事情，介绍他们的基本思想和使用的方法、手段，已经取得的进展和遇到的困难，从而使大家对人工智能的基本思想和取得的成就有一个初步的认识和了解，然后再介绍人脑与电脑结合的重要意义及人机结合的智能系统。

由于人工智能是一个边缘学科，它是哲学、数学、电子工程、计算机科学、心理学等众多知识的“混血儿”。它的研究队伍汇集了来自很不相同领域的学者，他们抱着各自的目的，来到这个科学的边缘地带，从事着自己感兴趣的工作，他们对什么是“人工智能”有各自不同的理解。要想在他们之中找出一个共同的关于“人工智能”的说法，有一定困难。因此，在讨论其他问题之前，有必要把这个



问题澄清一下。

从技术的角度看，人工智能要解决的问题是如何使计算机表现出智能，使计算机能更灵活、更有效地为人们服务。只要计算机能体现出与人类相似的智能行为，就算达到了目的，而不在乎计算机的工作过程是否与人脑在完成同一任务时的工作机制相一致。从这种观点出发，人工智能就可以解释为“使计算机去做那些原来需要人的智能才能完成的任务”，特别是指那些至今人们还不知道怎样用计算机去解决的问题。可以说，大多数工程技术人员都持这种观点。

除上述观点外，人工智能领域中的心理学家、语言学家则倾向于将着眼点放在用计算机程序去复现人脑在完成同一任务时的内部状态上。他们强调首先要了解人脑活动的机制，认为只有在对人脑的工作机制有了足够了解的基础上，才有可能用计算机去复现它。还有一部分人则侧重于理解形成智能的原理，分析人类智能的特点，并设法在机器上予以实现。由于大家的研究内容和侧重点各不相同，因此对人工智能的认识产生差异是不可避免的，但他们又是相互补充、相辅相成的，从而共同构成了 AI 丰富多彩的研究层次和多样化的研究队伍。

尽管很难给人工智能下一个大家都能接受的、准确的



定义，但从作为一个学科的意义出发，人工智能可以被认为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。它的近期目标在于研究用电脑来模仿和执行人脑的某些智力功能，并开发相关的技术，建立有关的理论。

由于受到颇有成绩的早期研究工作的鼓舞和对其中困难的估计不足，AI 的奠基者们对其前景做了非常乐观的预测：“能够思考、学习、创造的机器已经问世，而且这些能力正在迅速地提高，在可以预见的未来，它们处理问题范围将同人脑的范围一样广阔。”当他们作此预言时，计算机尚在为下一盘像样的棋而努力，但他们已肯定“十年之内一台数字计算机将成为世界国际象棋冠军”。然而，几十年过去了，“电子秘书”的研制成功依然遥遥无期，甚至被证明是不可能实现的。但是，我们不能就此否认人工智能所取得的成就。近年来，伴随着计算机技术突飞猛进的发展，人工智能的研究不仅在一些传统的领域中获得了极大的成功，而且在一些新兴的领域取得了长足的发展。与此同时，人工智能的研究将由追求机器智能的目标，逐渐为追求人机结合的智能系统的目标所代替。

至于人的智能，这是自古以来哲学所关注的主要问题。近年来认知心理学或西方所积极提倡的认知科学就是研究人的智能的科学。80年代初，我国著名科学家钱学森提



出创建思维科学技术体系的主张。他是从搞机器人、人工智能方面考虑的，认为搞人工智能、机器人，就要搞一个人工智能、机器人的理论。这个理论，西方叫认知科学，我们叫思维科学。国内从这个时期开展了思维科学的研究，内容包括逻辑思维，也包括其他的思维过程，如形象思维（直感）、创造性思维等。他并认为思维科学研究的突破口是形象思维（直感）的研究。在以上学术思想的指引下，国内一些对此感兴趣的人士，结合文学、艺术领域做了一些探索性的工作。在思维科学方面取得的一项重要成果是钱学森院士与他的同事对“开放的复杂巨系统”的研究，为处理这类十分复杂的系统，他还提出思维科学的一项应用技术，即“从定性到定量的综合集成法”。什么是开放的复杂巨系统呢？举个例子来说：在我国的经济建设进入市场机制，实行改革开放，与其他国家频繁交往，国内各种所有制的存在，如果用科学的语言来描述，那就是一个既包括物又包括人的开放的复杂巨系统。这种类型的系统的重要性是显而易见的。处理开放的复杂巨系统，用已有的方法，只靠计算机是行不通的。这里所说的从定性到定量的综合集成法，其核心思想就是人脑与电脑的结合；采用综合集成法，就有可能把人的思维、知识、智慧以及各种情报、信息统统集成起来，达到集智慧之大成！



总之，我们主张人脑与电脑的结合，按照这一观点进行研制的系统是一种人机结合的智能系统。

二、人工智能的现状





人工智能的研究领域及其应用范围十分广泛，如自动定理证明、博弈、学习、推理、模式识别、自然语言理解与机器翻译，人工神经网络、计算机视觉，专家咨询系统及智能机器人等。以下着重介绍几个方面：

（一）知识系统的综合设计

知识是智能的信息源泉，它是思维的产物，同时它也是思维的基础。没有知识的系统很难谈及智能，知识是智能的基本条件之一。如果想要建立一个能模拟人类智能行为的智能系统，那么我们必须先建立一个较完善的知识系统。为此首先讨论人类智能行为的表现形式——知识的结构。

当人们学习新知识时，一定会经历从无到有的过程，这个过程往往有两种方式：一是通过教师教，二是经验累积。前者往往是公认的原理、方法及经验，而后者往往是因人而异的。人工智能研究对那些具有个人性质的知识更有兴趣，而这些具有个人性质的知识一般来说没有明显的结构，很难清楚地表示出来，这也正是人工智能研究的难点所在。

人工智能的起始是基于心理学对经验知识研究的结



果，即发现具有启发性的知识在人类思维过程中的作用。当将这类知识表达成能为计算机所接受的形式而被使用时，机器就表现出人类的智能行为。这就是人工智能的最初模型，我们称它为“基于逻辑的心理模型”。

事实上“基于逻辑的心理模型”仅仅描述了人类智能行为的一部分，即逻辑思维过程。而人类的形象思维过程，则很难被表达成逻辑形式。例如，我们问“什么是树”，如果用符号组成的文字来回答，对任何人都不是件轻松的事，但是成人是怎样将这个概念教给儿童的呢？方法是举例说明，即指着一棵实际的树说“这就是树”。显然这是件很容易的事，但如何使计算机也接受这类举例说明，并可外延使用知识，显然并不是一件容易的事，这就导致了被称为“人工神经网络”的第二个知识模型。

人工智能的早期研究并不重视或并未独立地研究那些利用书本或实际世界中有明确结构的信息。例如修车师傅一方面有多种修车的经验，另一方面他们一定了解车的结构。在修车的过程中往往不是利用力学原理及机械原理定量地指导修车，恰恰相反，他们只是使用一些定性的知识来指导工作。对于具有特定物理结构的对象，如何定性地进行描述是近年来人工智能研究的重要问题。我们称它为知识系统的第三个知识模型——定性物理模型。



人类常用图形说明一些问题，这些图形表达了人类的另一种知识——可视知识，即用眼睛看得见的知识。这类知识构成了知识系统中的第四个知识模型——可视知识模型。

以上我们介绍了四种知识结构，以基于逻辑的心理模型、人工神经网络模型、定性物理模型以及可视知识模型加以描述。在设计一个知识系统（专家系统就是一种类型的知识系统）时，就可以采取综合的观点来进行。知识系统的研究可以看成是对各种定性模型（物理、感知、认知、社会模型等）的获取、表达及使用的计算方法进行研究的学问。

（二）人工神经网络

人的大脑是至今自然界所造就的最高级产物，研究和制造具有智慧的智能系统无疑应该以大脑为模拟对象。

人的大脑约由 10^{10} 个神经细胞（也可称之为神经元）组成，这是一个天文数字，大体相当于天空中星星的数目。细胞之间通过树突与轴突互相连接，构成纵横交错的网络结构。两个神经细胞之间的连接如图 1 所示。

神经细胞通过突触互相交换信息，树突用来接受神经冲动，轴突分化出的神经末梢则可传出神经冲动。图 1 只

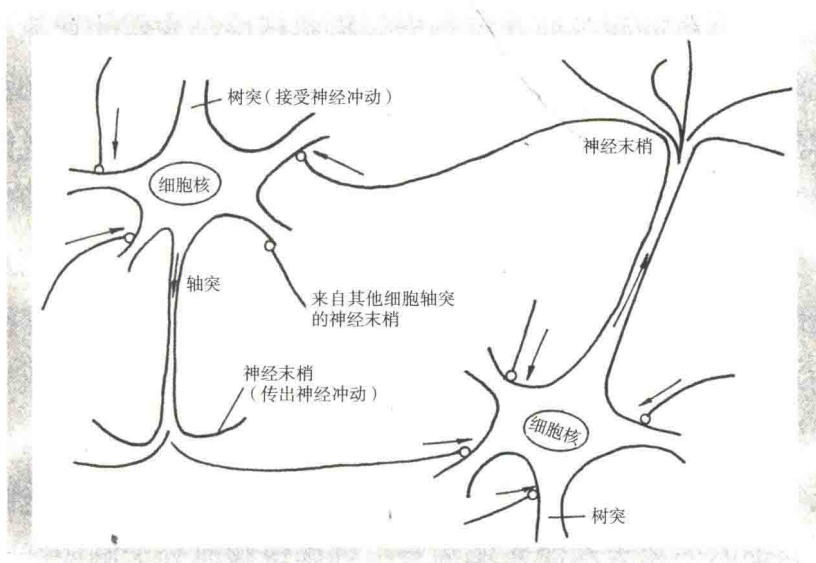


图 1 神经元及两个神经元之间的连接图

画出了两个神经元之间的连接。实际上，每个神经元平均有 10^4 条通路与其他神经元相连接。因此，这是一种极其复杂的通信网。图 2 抽象地表示了大脑的功能结构。

按传统观点，一个人降生时，就已经具有了全部数量的脑细胞，其数目不再增加，随着岁月的流逝，它们将成批地死亡。但是，人们的记忆并不

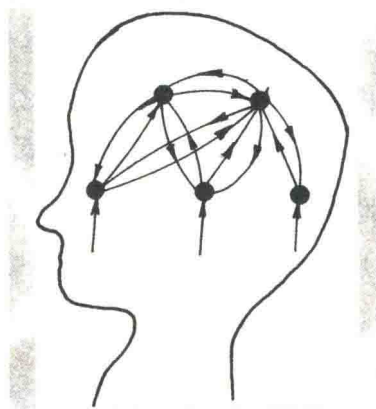


图 2 大脑功能结构图



因为脑细胞的减少而逐步丧失。与此相反，人们的智能却能越来越发展，那么，奥秘在哪里？原来，人们的记忆和智能并不是储存在单个脑细胞内，而是储存在脑细胞之间互相连接的网络之中，这称为分布式存储方式。这样一种“分布方式”，并不因单个脑细胞的死亡而消失。人们通过学习可不断地改变脑细胞之间的连接形式，使这个网络的功能不断提高，这就是人的智能发展的生理学基础。

人工神经网络就是在现代神经科学的研究成果的基础上加以极大的简化而提出的，反映了人脑功能的基本特性，但它谈不上是大脑的真实描写，并不可能包含大脑的功能和活动，只是在某种程度上，仿效大脑的工作方式。它也是以分布方式表示信息，同时采用并行处理方法，它对信息处理体现为一个动力学网络的运行过程，它具有许多与人的思维相类似的特点。图3是一种人工神经网络的示意图。

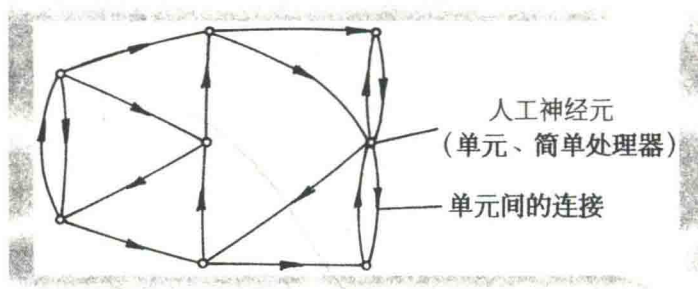


图3 人工神经网络的示意图



图中结点表示人工神经元，它是对真正的生物的神元的一种抽象、简化与模拟，可以称之为“简单处理器”，而处理器之间的连接则与生物神经元之间的突触连接相似。网络的信息处理由人工神经元之间的相互作用来实现，每个单元对上一层的所有单元发出激励或抑制信号；知识与信息的存贮表现为网络中神经元的互连间的分布式物理联系；网络的学习则决定各种神经元之间连接的强弱。

人工神经网络具有一定的智能，这突出表现在它能够进行学习。人工神经网络的学习过程主要是按一定的方式调整单元之间连接的强弱，使网络形成所要求的功能。神经元网络对知识表达从显式变成隐式，这种知识不是通过人的加工转换成规则，而是通过学习算法自动获取的。

有的学者把人工智能（AI）的研究途径概括为以符号处理为核心的传统方法及以网络连接为主的连接机制方法。从有关人的思维的角度来考虑，这是很自然的，人的两种重要思维方式是逻辑思维和形象思维（直感思维）。符号处理可以认为主要在于模拟人的逻辑思维，连接机制主要致力于模拟人的形象思维。关于形象思维虽然人们认识到了它的重要性，但用现在的计算机来模拟形象思维是很困难的，需要在计算机的体系结构上有新的突破。人们对网络模型结构抱有很大希望，以往比较著名的人工神经



元网络模型有哈普费尔德网络，反向传播网络，自适应共振理论网络等。

（三）机器学习

利用机器学习处理与理解自然语言的问题一直是人工智能（AI）工作者们感兴趣的主要问题。对于机器学习来说，似乎只有达到人的学习能力并有创造性，才称得上机器能学习。这种观点是早期 AI 工作者盲目乐观给人的一种错觉。事实上机器学习的能力是很有限的，即人们告诉它多少，它才能有多大的能力。它在学习问题上碰了钉子后，就采取了实际的态度。所以近年来把背景知识对学习的作用提到非常重要的高度来认识。从文法的角度来看，缺少表示语义的背景知识，经过学习后所概括出来的文法，是没有语义信息的文法，会出现很多很多不需要的解，如何通过机器学习来自动获取知识及自然语言处理的研究，对设计新一代专家系统起着重要作用。专家系统目前面临的最头痛的问题是知识自动获取，即具有丰富的专业知识与经验知识的专家如何把他们的知识表示式转换成计算机能加以接受的形式，以知识获取作为立足点去研究自然语言处理与机器学习的目标既比较实际，又可以尽快提供一些应用成果。



人们通过大量的实践，碰了不少钉子之后，认识到过分追求机器能够单独实现某些智能行为的想法看来是不明智的，人与机器互相配合形成和谐的人机系统就能充分发挥人和机器的作用。现在已经形成人采用编制程序的方法求解问题。对人来说非常自然的办法是通过图形描述问题，人所获得的信息中极大部分是视觉信息。人们用抽象方法表达问题时，也常常用图形作为抽象模型的示意。在人们进行思考时，最喜欢用图形式类似流程图的结构作为表示形式。爱因斯坦过去常常说，他不是用文字进行思考的。很多科学家和数学家也同意这种观点。早在 20 世纪 50 年代，当美国发展计算机的高级形式语言作为描述问题的语言时，苏联的科学家就已提出利用图形描述问题，由于受到硬件及技术水平的限制，未获得成功。随着技术的发展，这项工作又提到日程上来，有人提出以一些简单的插图作为基本元素，根据一定的规则，形成类似于程序语言的图示语言，亦即以图形为支持，充分利用通过眼睛所得到的视觉知识。某些视觉知识有可能通过图形的结构与含义两个方面来加以表达，以便于人机通信之用。人们从研制各种人工智能应用系统中，归结出必须发挥人的作用的结论。例如在一系列规则的知识型系统中，问题之一是使用规则时，各条规则之间往往并不是互相独立的，与前后的来龙