

# 人工智能概述

中科院自动化所 戴汝为

## 一、什么是人工智能

人们对人工智能(以下简称 AI) 将会取得的成就寄予极大的希望,并预期 AI 的技术开发在下一世纪将形成智能产业,进一步改变人类生产与生活的面貌。关于智能一词,虽然说得很多,但不容易给出确切的定义。一种通俗的说法是把在新情况下能做出反应的能力称为智能。人和高等动物有智能,这是大家都明白和承认的。研究用计算机从宏观上模拟人的思维功能,从而实现某种智能行为,就是人工智能领域的研究目标。人工智能的研究及采用人工智能技术的产品开发,在国内外都受到很大的关注,尤其近年来成为科学技术中的热门之一。AI 的国际竞争以日本的五代机计划和欧洲的 ESPRIT 高技术计划为代表,不仅朝着发展技术、提高生产力、增加财富的方向进行,而且致力于把 AI 转变为一种可行的技术手段。

自古以来人们对于与智能有关的问题就很感兴趣,然而在计算机被认为是一个通用的物理符号系统以前,人们几乎没有任何工具去研究智能的本质,40 年代由于战争的影响与需要,第一台电子数字计算机问世,接着控制论、信息论等相继提出。有了计算机才有可能研究用机器模拟人的思维活动。人工智能这一新兴领域是在 1956 年由美国科学家麦卡锡、明斯基等组织的一次讨论会上提出来的。紧接着完成了一系列的研究工作,如证明了罗素《数学原理》中的若干定理,1956 年完成了一套下棋的程序,并在 1962 击败了一个跳棋冠军,1960 年研究成功对人工智能发展起着重要作用的 LISP 语言。面对这些成绩人们出现过盲目乐观的情绪,但总之这方面的研究工作一直有所进展。

## 二、人工智能研究什么问题

人工智能的领域及应用范围很广。这里只列出几个已经在进行,或正在进行研究的方向:自动定理证明,博弈、学习、推理、语言(计算语言学、情景语言学等),自然语言理解与机器翻译,模式识别与理解,人工神经网络,计算机视觉,专家咨询系统及智能

机器人等。

计算机刚问世时,主要是做一些科学计算的工作。人们并未预料到它所能发挥的作用。随着计算机的应用与发展,它远远超出了计算的范畴,渗透到各行各业,形成各种信息产业,为人类由工业社会过渡到信息社会奠定了物质基础。对今后的科技加以展望,人们自然进而希望能够研制出比现在已有的计算机更为灵活巧妙,能够用来代替人脑部分职能的机器——智能计算机。目前智能计算机的概念还不十分清楚,国内外众说纷纭。无论如何,智能机应该是当代人工智能技术最新成就的集中体现。

## 三、人工智能研究的进展

以往 30 多年来,人工智能研究取得的成就究竟如何呢?这个问题不容易回答,其原因在于从不同的角度看,所得到的结论也往往会有所不同。如何评价人工智能方面所取得的成就,需要从 AI 研究的目标来考虑。AI 研究的目标是利用计算机模拟人的思维活动,完成一些需要思维活动才能完成的工作,这种追求受到了从计算机专家到哲学家的批评。在评价一件事物的成就时,给出一种参考是必要的。在评价 AI 的成就时,如果以人的智能行为作为参照,那么所取得的成就甚微。即使在 AI 发展历史上被说成是具有突破性的进展时,就其与人的智能行为相比也谈不上有什么进展。近些年来,AI 的工作,特别有关专家系统研究的一部分工作与软件工程相联系,发现 AI 在原理与方法上能与软件工程做出很大贡献。目前国际上有人提出下一代的软件工作应与 AI 结合起来并结构不良(ill-structure)的情况。可以说以人的智能行为作为参照应是研究 AI 的永恒动力,是长远的目标。而解决当前的问题,则以采用现有的计算机所能解决的问题作为参照才不致丧失信心,继续朝着长远目标努力。

从以上的观点来看,AI 在程序设计、软硬件及应用等方面都取得成就,到 1972 年 LISP 已成为标准表处理语言,以后 OPS5 产生式系统语言以及以 PROLOG 为代表的程序设计语言都成为 AI 的工具。在硬件方面已经有了 LISP 机与 PROLOG 机,已经生

产出一些专用并行硬件,如阵列处理机、下棋机等,还构成并测试了一些能根据若干旧的概念创造出新的概念的程序。机器人的应用已经是看得见摸得着了。有的评论家认为:专家系统的出现是1975~1985 10年AI研究中最重要的事件。自从1977年举行的国际人工智能会议上提出知识工程这一新课题以来,专家系统的飞跃发展,主要表现在两个方面。

#### 1、专家系统的原理广泛应用医学、军事、教育、经济等各个领域。

1988年在美国人工智能协会的年会上。费根鲍姆应邀介绍了专家系统应用于经济领域的调查,在这份报告中估计国外大约有2000个以上的专家系统已投入使用。其应用范围极其广泛,包括非常简单的应用,例如帮助人们填表;另外,在极为复杂的应用方面,如解决一些用一般的数学规划方法不能解决的问题,其中,诊断方面的应用居于首位。实践表明由于采用专家系统使人们的工作效率大为提高,美国杜邦公司由于采用了一种在微机上运行的专家系统程序,使某项测试工作的花消由原来的4小时减少到15分钟,工作速度提高了16倍。美国DEC公司的专家系统XCON,是根据用户要求确定计算机配置的系统,专家来做配置工作,一般需要3小时,而用这个系统只要半分钟,速度提高了300多倍,也就是说提高了两个数量级。另外使用专家系统可以大大提高操作质量,一个采用专家系统提高操作质量的例子是“American Express”信用卡认可的辅助决策系统,据说每年可节省2700万美元左右。而且,由于决策质量的提高,能够防止不应有的损失。该调查报告还调查了美国知识工作者的生产力增长情况,认为不是日本的5.5%,而是提高了几十倍、几百倍,从而说明专家系统用于工业的潜力。

#### 2、将合理地知识加以组织与利用的方法及技术用到软件设计中去,为越来越多的计算机专家所接受。

每个有知识的人都是能掌握本国语言的专家,在阅读时可以在成千上万个字中识别出其中的任何一个字,并立即从自己所记忆的知识中,检索出相应字的意义。医生们也是用类似方法处理医学征兆,下棋的高手依据的是棋盘上的棋局等等,我们知道专家所做出的直感式的创造性反应,是专家对存在记忆中的几万个模块进行识别后的反应。对此有所了解的同时,人们要求计算机对结构不良问题和创造性问题进行探索。到目前为止,大部分AI的成就与良结构任务(Well structure Task)的程序设计有

关。对于这种任务,目标和容许的操作符都是有明确定义的。为了研究结构不良问题的需要,在原理与方法上需要克服现有专家系统的不足,因此人们正在致力于发展新一代专家系统。

### 四、关于机器学习

利用机器学习处理与理解自然语言的问题一直是AI工作者面临的主要问题。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。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(包括先验知识)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关键性作用。专家系统目前所面临的最头痛的问题是知识自动获取,即具有丰富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所示的目标既比较实际,又可以尽快提供一些应用成果。

过份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,对人说来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形式类似流程图的结构作为表示形式。爱因斯坦过去常坚持说,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50年代,当美国发展高级形式语言FORTRAN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(icon)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,以便于人机通讯之用。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。例如在采用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,与前后的来龙去脉有密切关系。完全借助于机器去解决难以获得成功,需要通过有效的人机交互办法加以解决,因此应着眼于人机共栖的系统,以图形、文字、声音等模式为支持的知识型接口技术(也就是模式识别与人工智能相结合的技术)是计算机系统的一个重要组成部分。也是和谐的人机系统所必不可少的。

### 五、定性推理人工神经网络和联接机

80年代中期国外一些AI专家在展望今后AI中最重要的问题时,认为解决知识获取与利用专家常识知识两个问题至关重要,强调定性推理与神经网络和联接机这两方面的重要性。进行定性推理首先要求对系统加以定性表达,与传统地动态过程的表达方法不同,只把注意力放在系统中状态变化的趋势方面,借鉴物理系统中定性建模的思想,把系统分成不同的部分,每个部分给予一种结构描述,同时定义各部分间的联接关系,形成一定的结构,在此结构上得到系统的行为。本期另一篇文章中有关定性推理与建模的介绍。至于神经网络,国内外都有点蜂涌而上之趋势。以人工神经元构成网络模拟人脑的功能,牵涉到复杂的巨系统问题。作为解决某些问题的一种工具,例如以人工神经网络直接按特征来进行学习,以达到分类的方法已显出优越性。人工神经网络主要特点之一是以分布方式表示信息。以往用以表达知识的语义网络,以一个节点与一个概念相对应,而人工神经网络是以节点的一种分布模式与一个概念相对应,可以实现联想功能,这就是用人工神经网络来进行图象识别时,即使图象畸变很厉害,也能进行正确识别的道理所在。近期的一些工作表明人工神经网络在模式识别、图象信息压缩、优化问题等方面取得了不少结果。总之,以往AI中主要是通过符号处理的途径来组织与利用知识,现在又辅之以人工神经网络的结构方式来实现某些功能,将使系统设计较为合理方便。目前在专家系统的设计中已开始有所体现。1987年底,开始将人工神经网络中并行分布式处理模型应用到专家系统中来。针对专家系统目前存在的问题,在进行原理性探讨的同时,实现了一个专家系统的工具系统PESS。这个系统以极大的开放性为用户提供构造人工神经网络、通过学习算法进行知识获取、在人工神经网络上进行推理的功能。在此系统基础上,刚刚完成的基于人工神经网络的“反

应堆故障诊断专家系统”,对反应堆电气系统中母线断电事故的分析采用了神经网络,从而将以往的方法与新的手段有机地结合起来。在专家系统中应用人工神经网络,其结果使人们对专家系统的知识获取、知识表达和不确定性推理产生了新理解,这就是知识获取的经验性和直觉性,知识表达的隐含性和分布性以及利用输出对输入特定特征的敏感性进行不确定性推理。这些特性的充分利用为克服第一代专家系统中知识获取的瓶颈问题、知识表达中的结构不良问题提供了解决的途径。传统的专家系统仅仅提供了一个基于逻辑的心理模型,在今后的专家系统中是不可缺少的,但这还不够。因为在人的思维过程中,除了基于逻辑的思维方式以外,还有基于经验积累的思维方式,或称为形象思维。用网络的形式,在某种程度上能对这种思维方式加以表达。这是今后要进一步加以研究的。

当前,有的学者把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联接为主的联接机制(Connectionism)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 and 形象思维(直觉思维)。符号处理可以认为主要在于模拟人的逻辑思维,联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网络模型有哈普菲尔德(Hopfield)网络,反向传播(Back Propagation)网络,自适应共振理论(Adaptive Resonance Theory)网络等。其中有代表性的反向传播网络一般是3层网络,即包括输入结点、隐层结点及输出结点3层。每个隐层结点与所有输入结点以一定加权量相联接,每个输出结点以一定加权量与所有隐层结点相联接。网络的输入是一组数值量(称为特征),输出可以代表类别。网络中的加权量是未定的,经过不断地输入样本,经过学习,通过已有算法确定加权量。这种反向传播网络实际上是一个有监督的学习(Supervised Learning)分类器,具有按非线性性质进行分类的功能。分类过程中需要给予监督,所以不仅是网络本身的作用,也伴之以人的作用。人工神经网络有它的优点,但不能取代传统的逻辑描述方法。因此如何把网络模型与符号处理方法联系起来,在知识获取、知识表达、推理及解释等方面相结合,从而有效地模拟人的逻辑思维与形象思维,就成为很有意义的工作了。

对人工智能的了解,可以有不同的学术观点,

# 知识系统的综合设计

中科院自动化所 戴汝为 王珏

人工智能研究的目的是要建立一个能模拟人类智能行为的系统。为了达到这个目的,我们必须研究人类智能行为在一个特定计算装置上的表达形式。所谓“表达形式”就是一种描述,一种计算机可接受的对人类智能行为的描述。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:一是教师教,另一是经验累积。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地说是结构不良的,这就是人工智能研究的难点所在。

人工智能起始是基于心理学对经验知识研究的结果,即发现启发式知识在人类思维过程中的作用。当将这类知识表达成逻辑形式而被使用时,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,但是人是如何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,如何定性地加以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。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。

本文将对上述归纳的四类知识模型分别进行介绍,并将人工智能的研究看成是对各种定性模型(物理、感知、认知、社会等系统模型)的获取、表达及使用的计算方法进行研究的学问。从而论述我们提出的综合各种模型的知识系统设计的基本思想。

## 一、基于逻辑的心理模型

自从50年代中期 Newell 与 Simon 提出模拟人

这里介绍一种观点,即人工智能是一门对各种定型模型(物理的、感知的、认知的、社会系统的模型)的获取、表达与使用的计算方法进行研究的学问。这是一种与系统科学思路相一致的观点,以此为出发点,专家系统以至其它的知识系统都可以作为综合各种模型的系统,目前我们主要考虑了四种模型,即基于逻辑的心理模型、人工神经网络模型、定性物理模型及可视知识模型,并已获得一些初步结果。在上述学术思想启发下,相信能研制出性能更好的知识系统。

## 六、必须重视人工智能的理论研究

任何一门科学都需要有理论指导。人工智能也

不例外。以往人工智能的工作曾出现过盲目乐观的情绪,对于人工智能的基本问题注意不够,忽视了理论的重要性。当前针对 AI 研究所面临的困难程度,踏踏实实地在理论方面下功夫是必要的。钱学森教授曾多次谈到加强人工智能的理论研究,建立思维科学的基础学科——思维学的观点。并指出当前思维科学的研究应以形象思维为突破口。人工智能的发展应走应用力学的道路,即理论与实践相结合的道路。既要通过大量实践,解决具体的实际问题;又要建立理论,以指导实践。美国以及世界各国在航空航天技术方面所取得的辉煌成就已证明了应用力学道路的正确性,这是人工智能研究应加以借鉴的。