

智能, 人工智能,
机器实现
TP18

智能及其机器实现

Intelligence and its Realization by Machine

丑武胜

查建中

(天津大学机械系 天津 300072) (北方交通大学机械系 北京 100044)

摘要 The difference and the bias of people's recognition to the concept of "intelligence" have influence over the study direction of AI. This paper describes the hierarchy, the relativity and the diversity of "intelligence", and analyses the limitation for AI to realize machine intelligence by simulating man's intelligence only. It is thought that there are many other ways to realize machine intelligence. The integrated way to machine intelligence is also discussed.

关键词 Intelligence, Artificial intelligence, Machine intelligence, Integration

随着社会的进步和科学技术的发展,人们已不满足于仅仅从体力劳动中解放出来,还希望能进一步从脑力劳动中解放出来,于是让机器(计算机)具备一定的智能、去完那些需人的智能参与的工作的研究—人工智能科学应运而生,并已成为当今科学研究的前沿领域之一。众多的科学家和哲学家们为实现这种机器智能而进行了长期的努力和探索。人工智能(AI)经过近四十年年的发展,已从学院式的研究走向实际工程应用,业已在专家系统、自然语言理解、模式识别及机器人等领域取得了一定的成果,推动了社会生产力和相关学科的发展,展示了用机器实现智能的光明前景。

然而,就 AI 的研究现状来说,它所能处理的还只是一些比较简单的问题,已取得的成果和人们的预期目标还相距甚远。通过模拟人脑来实现的机器智能的智能水平相对人的智能而言还较低,如在模式识别方面,机器(计算机)的能力甚至要低于儿童水平,在复杂环境中行走和防碰撞能力方面也远远低于人的智能水平,等等。另外,就 AI 在模拟人的智能方面所走过的历程来看,也是几度沉浮、几经坎坷,经历了宏观模拟-微观模拟-宏观模拟-微观模拟或功能模拟-结构模拟-功能模拟-结构模拟等几次重大的反复和转折之后,而今又遇到了重重困难,举步维艰,就连曾在应用领域知识和专家经验解决实际问题方面取得过巨大成功的专家系统,也因知识获取的“瓶颈”和其固有的脆弱性,而难以得到进一步的发展。所有这些一方面说明了智能研究的复杂性和艰巨性,另一方面也说明了 AI 现有理论框架的局限性^[1]。

人工智能研究目前处于停滞不前的状态,促使人们对其进行反思,重新审视 AI 的基础性问题,即“智能的本质”是什么。对这一问题的不同理解和回

答,使人们在实现机器智能的过程中采用了不同的研究途径。目前国际上有代表性的 AI 流派有六个: N. J. Nilsson 和 J. McCarthy 的逻辑学派、A. Newell 和 H. Simon 的认知学派、D. B. Lenat 和 G. Hinton 的联结学派、C. Hewitt 的分布式 AI 学派以及 R. A. Brooks 的进化(行为)学派。这些 AI 流派虽然都从不同侧面揭示了智能的某些特性,有其科学性的一面,但也各自存在着固有的本质缺陷,并没有给 AI 走出低谷带来希望的曙光^[2]。

人工智能在进一步提高机器智能的智能水平方面的研究要有所发展和突破,就得摆脱现有的研究模式,探索实现机器智能的新途径。本文将从机器智能的工程实现的角度出发,对“智能”这一概念本身进行再认识和再探讨,以便有助于拓宽 AI 研究的思路。

一、智能与人工智能

对“智能”这个词的解释目前没有统一的说法,甚至连心理学家也尽量避免给予明确的定义。常见解释有以下几种:

Lenat 和 Feigenbaum 认为:智能是一种在巨大的解空间中迅速找到问题解的能力。一个系统之所以能体现智能理解和智能行为,主要是它能够利用专业领域的概念、事实、表示、方法、模型以及领域的启发式知识等^[3]。

Simon 的物理符号系统假设认为:人的智能活动是一个包括输入、输出、存储、交换、结构化和条件转换六个功能的信息加工过程。

“辞海”对其解释则为:智能是指人认识客观事物,并应用知识解决实际问题的能力,集中表现在认识事物的深刻、正确、完全的程度上和运用知识解决实际问题的速度和质量上,往往通过观察、记忆、想

象、思维、判断等表现出来。

类似的解释还有许多,这里就不再一一列举。从上述这些对“智能”的解释中我们不难发现,尽管它们在说法上不尽相同,但也有共同之处,即一方面认为“智能”指的就是“人的智能”,是指人运用知识解决实际问题的能力,另一方面强调知识在智能活动中占有重要地位。

我们认为,“智能”应有更广泛的涵义,而不仅限于“人的智能”。我们把以下涵义较宽的叙述作为对“智能”的解释:智能是指一个系统(包括生命系统)进行信息加工处理的能力,这种信息加工处理过程具有某种程度上的非线性、不确定性、不完备性及开放性,包括输入、决策、输出三个主要环节。这里所说的非线性指系统不仅能处理形式化的问题,而且能处理非形式化的问题;不确定性指信息处理过程中处理方法的某种随机性;不完备性指信息加工处理过程所需的先验信息不充分;开放性指系统在信息加工处理过程能和周围环境进行信息交融,即既能从周围环境中获取所需的信息,又能反作用于周围环境。而这里所论及的“决策”是信息加工处理过程中的关键环节,亦不仅限于人的思维决策,而泛指根据历史的、现在的或通过对未来状态进行估计得出的信息来指导下一步行为的过程。

显然,人具有这样的信息加工处理能力,也就是说人具有智能,这是普遍认同的观点。那么是否只有人才具有智能呢?从这种具有较宽涵义的对“智能”的解释出发,可以看出人不是唯一的智能活动的主体。对于动物而言,动物亦具有信息加工处理的能力,可以认为动物亦具有智能,如马戏团的动物经过训练可表演各种杂技动作,鸟类可根据地球磁场大小和方向的变化来确定飞行的方向,等等。对于计算机而言,计算机所进行的复杂的数值运算和符号运算,实质上也是一种信息加工处理过程,可以说计算机也具有智能。

除此之外,自然界经过亿万年的进化、演变,在许多自然现象中亦直接或间接地蕴含着信息加工处理机制,如生物的遗传进化规律以及金属的退火过程等等。这些信息加工处理机制也都属于智能研究的范畴。

可见,根据智能活动的主体不同,智能具有不同的表现形式。如果智能活动的主体是人,则表现为人的智能;如果智能活动的主体是动物,则表现为动物的智能;类似的,如果智能活动的主体是计算机,则表现为机器智能。智能的表现形式具有多样性,但它们并不处于同一层次上。对于不同的智能活动主体,智能活动中输入、决策、输出三个主要环节的功能是有强弱之分的,从而使不同的智能表现形式间具有层次性。人可以通过感觉器官自主获取信息,具有学

习、记忆、思维、联想等高级决策能力,并可将决策结果通过运动器官作用于环境,因而人的智能是最高层次的智能,这也是人成为世界主宰的根本原因;动物虽可自主获取信息,却不具备学习、思维、联想等高级决策能力,在其决策环节主要为条件反射或感觉-运动模式,因而动物的智能在层次上要低于人的智能;计算机具有很强的数值和符号运算能力,它所需的信息主要是由人来提供的,计算机在进行信息加工处理时,其决策过程也依赖于人事先编制好的程序或给出的算法,虽然 AI 经过多年的发展,使机器智能在信息获取和决策环节上的功能有所增强,但总的来看,目前机器智能在层次上要低于动物的智能。至于自然现象中蕴含的信息加工处理机制,虽属智能研究的范畴,但在复杂程度上要低于上述不同表现形式的智能。

不同的智能表现形式间的这种总体上的层次性却并不一定反映在其解决具体实际问题的水平和能力上,不同层次的智能解决具体实际问题的能力又具有相对性。例如,棋是人类的发明,人类下棋的历史源远流长,积累了丰富的经验(棋书,棋谱),棋类是人类公认的测试智能的最高级活动之一,正如哥德所言“下棋是智者的试金石”。然而这块试金石的测试结果表明,人的下棋水平要落后于机器(计算机),Samuel 编制的下棋程序就曾于 62 年战胜了美国的洲级跳棋冠军。又如在自然景物识别方面,儿童可以轻易在人群中辨认出自己的父母,牛、马等动物能辨别出它自己的饲养员,尽管该饲养员刚换了服装或改变了发型,但这些如让计算机来完成,则还是一件比较困难的事。再如计算能力,计算机可以在极短的时间内求出一千阶稠密矩阵的逆或求出有数千个变元的线性方程组的解,而这要让人来完成的话却几乎是不可能的事,因而就计算能力而言,计算机的能力远远高于人的能力。于是我们可以得出这样一个结论:不同层次的智能表现形式在某些方面具有优势,同时又在另外某些方面具有劣势,不同类型的智能问题需要有不同机理的智能系统来解。

“智能”的这种表现形式的多样性、总体上的层次性及解决实际问题能力的相对性或许对人工智能的研究有所启发。人的智能是最高层次的智能表现形式,而人工智能研究所追求的就是让机器智能能够达到或接近于人的智能水平,但要做到这一步,却还有很长的一段路要走。在机器智能的智能水平相对较低而又难以提高的今天,人工智能的含义也应相应加以拓宽,即人工智能研究的机器智能不仅仅可通过模拟人的智能来实现,而是根据实际问题的需要,可通过模拟不同表现形式的智能来实现。人的智能来源于人的大脑,但并非所有的智能均来源于人脑,这一观点却被学术界长期忽视了。

二、人工智能研究的局限性

人工智能的研究从一开始就沿着一条小路：模拟人，试图通过模拟人脑的功能来实现机器智能，几乎所有的学派都确信不疑——智能来源于人脑。符号主义强调形式化表达、逻辑运算，实际上是强调模拟人脑的逻辑思维能力；联结主义强调模拟人脑的生物机制，即人脑的硬件，现在的人工神经网络就着重于模拟人的形象思维、联想记忆等功能；分布式 AI 学派也是想通过模拟人群、人与人之间的协作关系来模拟人的群体智能。纵观现有最流行、最有生命力的软件技术如：快速原型技术、并行工程技术、面向对象技术、开放体系结构、极度并行处理技术 (Massively Parallel Processing Technology)、模糊逻辑和模糊推理技术、多媒体与灵境技术等等，无一不使计算机的工作原理及其应用更接近于人类认识和处理事物的过程和规律，都试图按人思考问题的思路来设计和应用计算机，最大程度地挖掘、利用和模拟人的大脑。

人类是万物之灵，灵之所在是人类有一个无与伦比的大脑。学习、记忆、思维、创造，人脑不仅创造了辉煌的物质文明，也创造了灿烂的精神花朵。通过模拟人的认知模式、思维模式来实现机器智能无疑是一条正确的道路。但这是否意味着仅通过模拟人的智能就可使计算机解决现实世界中所有问题或大部分问题呢？

马克思主义哲学指出，物质决定意识，思维是大脑的机能，是社会的产物。现代医学的研究结果也表明，是人脑而非心脏构成了人的意识、感知的物质基础。而人的器官的机能一般来说是有限度的，例如，人眼的机能是感觉光的反射，但人眼却感觉不到红外线和紫外线的反射；人耳的机能是感觉声波的存在，但却听不见超声波和次声波。这些限制是人眼和人耳的固有机制造成的，是永远改善不了的。作为人脑的机能——人的认识能力是否也有一个限度呢？回答这一问题是非常复杂的，但可以肯定的是，至少在可见的将来，人的大脑的机能、人的认识能力仍有很大的局限性。现实世界的许多自然之谜（飞碟、金字塔、气功等）及许许多多被人们解释为超自然力作用的事物都是一个时期内难以认识的事物。更何况，人脑之复杂，人脑之精深微妙，是自然界上百万年生物进化中缠绕组合的结果^[4]，脑是怎样组织和工作的这样一个根本性问题，或许也正是人类认识能力目前难以达到的盲区。在这种情况下，一味追求了解人的思维本质，模拟人的大脑有着一定的盲目性。

另一方面，人脑的物理机制决定了大脑在许多方面的低能。例如，同样是加减乘除运算，人脑的机制决定了人只能按照进位规则、乘法口诀等算法进

行计算；对于计算机来说，加减乘除则完全通过位操作（平移、与或）来实现的，显然，计算机的计算能力要远远超过人类，但这并不意味着计算机采用的算法好，计算机甚至不能作乘除运算，人若采用这种算法效果将更差。人的这种低能是由人脑的固有机制决定的。虽然人可以通过改进算法（例如史丰收的快速算法）来改进其运算能力，但永远达不到计算机的地步。可见，有些问题天生就不适合人脑来解，即使计算机完全模拟了人脑的方方面面甚至微观粒子，充其量也是一个人造大脑，对于这些问题仍然解决不了。

人的智能同时又是社会实践的产物^[7]，它来源于人的社会实践。人脑的智能在社会实践中得以不断提高和发展，是一个动态发展的过程，这也是人的智能的重要特性。在这一点上，无论是现在还是将来，都是机器（计算机）所无法模拟的。

由此我们可看出，在人类目前的认知水平下，单纯通过模拟人的智能来实现机器智能的这条 AI 研究途径也有着其固有的局限性，这也是 AI 处于停滞不前状态的原因之一。

三、机器智能的实现

事实上，就在人们专心致志于模拟人脑的研究的同时，已经有许多学者无意识地或有意识地开辟出了另外一些实现机器智能的途径。六十年代末，密执安大学的 J. H. Holland 根据生物遗传规律给出了一种生成和测试型算法——遗传算法 (Genetic Algorithm, GA)，对 GA 进行了系统的阐述^[5]。生物通过自然淘汰和突然变异以适应环境，GA 也是使问题的解不断变化，在优胜劣汰中，最终求得较好解。因此，可以说 GA 是一种模拟生物物种进化规律而得到的实现机器智能的方法。

82 年，Kirkpatrick 将统计物理学中的退火思想与 Metropolis 给出的 metropolis 抽样法结合起来，给出一种称为“模拟退火算法” (Simulated Annealing, SA) 的组合优化方法^[6]，该方法在组合优化、机器学习、图象处理等领域都有许多成功的应用。SA 实质上是一种通过模拟金属的退火过程而实现机器智能的方法。

Kenneth Rose 的确定性退火、模拟牛顿力学的弹性网方法^[7]等等均是实现机器智能的新方法。

91 年，Geoffrey C. Fox 总结上述新方法，首次提出了“按自然法则计算”的概念 (Physical Computation)^[8]。按 Fox 的定义，按自然法则计算是将大量的自然科学领域的思想、方法用于其传统领域以外的其它领域，将原思想、方法的本质提取出来，用于解决新领域的问题。

91 年国际人工智能大会上，MIT 的年轻教授

Rodney A. Brooks 以其论文“没有推理的智能”成为“计算机与思维”的获奖者之一。Brooks 认为,只有首先弄清楚生命系统在复杂的自然环境中所具有的生存和反应能力的“本质”,然后才有可能进一步探讨人类高水平的智能问题。这种“本质”就是适应自然环境(不是结构化的工程环境)的感知-运动模式。其核心思想就是将系统放入现实世界之中,世界即是系统的模型。无论是在知识获取还是在问题求解,系统只以现实世界为其被观察与被适应的环境,系统工作时没有搜索,只有反馈。Brooks 实际上是通过模拟动物的智能来实现机器智能。

94 年 Bezddek 提出了“计算智能”(Computational Intelligence)一说^[9]。和传统人工智能的主要区别是系统在进行信息加工过程中不需要知识,强调从计算、搜索的历史过程中获取信息,指导下一步的计算,以实现机器智能。这里的“计算”不仅仅指数值或非数值的计算,而泛指解空间的搜索过程。

由此可见,自然界的各种现象、自然科学中的定理、规则以及动物的智能等等均是机器智能的模拟对象,通向机器智能的道路亦不是唯一的。

研究实现机器智能的新途径并不意味着否定模拟人的智能。扬弃唯物主义的“扬弃”观点告诉我们,在探索新的机器智能的实现道路上,既要有继承,又要有改造。传统人工智能在模拟人的智能方面已取得了一定的宝贵经验,如形式系统、形式化方法是从人的抽象思维中抽取出来的一种思维模型,是极为有用的工具,今后仍将在机器智能的研究中发挥重大作用,应加以充分利用。人的智能是最高层次智能,对人脑的思维机制的进一步深入了解,模拟人脑的抽象思维和形象思维规律,也有助于提高机器智能的智能水平。同时,针对传统 AI 在模拟人的智能研究中的不足,还应在这层次上对其加以改造。现代系统科学的理论表明,由各个子系统组成的系统,其功能要大于各子系统功能之和。“瞎子背瘸子”式的互补系统就有希望克服双方的局限性,机器智能在模拟人的智能方面应采取综合集成策略,即在思维模拟的角度要将抽象思维(逻辑思维)和形象思维(直感思维)的模拟结合起来。

前文已提到,智能系统的不同机理使其在某些方面具有优势,在另外一些方面又具有劣势,不同类型的智能问题需用不同机理的智能系统来解。因此我们在实现机器智能、加快机器智能的工程应用的研究中,还要走具体问题具体分析之上的“灰匣模拟”的道路。所谓灰匣模拟就是在一定层次、一定粒度之上模拟原有系统的结构(机理),而在一定层次、一定粒度之下则采用与其不同的结构(或模拟别的系统的机理)。随着这种粒度的大小不同,模拟过程的“灰度”也不同。

灰匣模拟不同于黑匣模拟和白匣模拟,黑匣模拟就是采用与被模拟系统完全不同的结构(机理)来实现与被模拟系统相同的功能,白匣模拟就是系统采用与被模拟系统完全相同的结构(机理)来达到模拟其功能的目的,而完全的黑匣模拟和白匣模拟对于现实世界的复杂系统来说,都是不可能的。完全的黑匣模拟就是发明创造,根据马克思主义哲学物质是普遍联系的观点,任何发明创造都是某一层次、某一粒度上对原系统结构或功能的革新,不可能不带有原系统的痕迹;完全的白匣模拟就是百分之百的拷贝,在模拟其优点的同时,也带来了其缺点,况且完全的白匣模拟在现实世界中是很难实现的(例如模拟人脑的生物机制)。黑匣模拟和白匣模拟只是灰匣模拟的两个理想状态。

因此,我们在实现机器智能的过程中强调灰匣模拟,通过对许许多多不同的智能系统(人、动物、图灵机等)以及对计算智能、按自然法则计算等信息处理机制进行不同层次的机制上之模拟的综合,再加上“创新部分”,就有可能实现理想的、具有工程应用价值的机器智能。

结束语 人工智能的研究尽管目前处于低谷,但它也许是件好事,它促使人们去思考和反省 AI 的研究,重新审视“智能”及“智能的本质”,探索 AI 研究的出路。人类追求自由的本性是人们继续深入研究机器智能的内在的、永恒的动力。那种认为“智能即为人的智能”及“所有的智能均来自人脑”的看法或许是人们认识上的误区,实现机器智能的途径不止一条。综合利用各种技术手段,采取“灰匣模拟”的研究策略,是实现机器智能的一条充满希望的道路。

参考文献

- [1]李德华,人工智能现有理论框架的局限性,高技术通讯, No. 4, 1993 年
- [2]洪家荣,认识论应当成为 AI 的主要基础,计算机科学, No. 2, 1992 年
- [3]D. B. Lenat, E. A. Feigenbaum, 关于人工智能的最新假说, 计算机科学, No. 1, 1989 年
- [4]M. Minsky, Semantic information processing, MIT Press, 1968
- [5]J. Holland, Adaptation in Natural and Artificial Systems, Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1975
- [6]S. Kirkpatrick et al., Optimization by simulated annealing, Science, 1983, 220
- [7]唐策善,梁维发,并行图论算法,中国科学技术大学出版社, 1991
- [8]G. C. Fox, Physical Computation, Concurrent, Practice and Experience, 3(6), 1991
- [9]李国杰,计算智能:一个重要的研究方向,IDG 计算机世界, 1994 年 6 月