

第574次学术讨论会·发展人工智能, 引领科技创新



人工智能: 概念·方法·机遇

钟义信

北京邮电大学计算机学院智能科学技术中心, 北京 100876

E-mail: zyx@bupt.edu.cn

2016-11-25 收稿, 2017-06-19 修回, 2017-06-20 接受, 2017-07-18 网络版发表

摘要 人类一切有意识的活动(特别是创新性活动), 都是在人类智能的支配下展开和完成的. 人工智能科学技术的研究目标, 正是要探索人类智能(自然智能的最佳代表)的工作机理, 在此基础上研制各种具有一定智能水平的人工智能机器, 为人类的各项活动提供智能服务. 可见, 人工智能的进步将带动人类的科技、经济、社会、文化、军事等各个领域的创新发展, 正因为如此, 各国(特别是发达国家)都高度重视人工智能科学技术的研究. 在这种背景下, 认清人工智能的发展趋势和规律, 抓住机遇加快我国人工智能的发展, 对我国的现代化建设将具有重大的现实意义和深远的战略意义.

关键词 人工智能, 人工神经网络, 智能机器人, 人-机系统, 智能生成机制, 信息生态学

2016年3月, 基于搜索技术与深度学习方法相结合的人工智能围棋系统AlphaGo以4:1的优势战胜了世界围棋高手李世石, 引发了世人对于人工智能的高度关注: 什么是人工智能? 它的技术本质是什么? 人工智能的能力有没有边界? 人工智能对科技、经济、社会的进步会有什么独特的贡献? 它的发展现状和趋势是什么? 机器能够全面超过人吗? 我们应当怎样把握人工智能带来的挑战和机遇? 是仅仅满足于在那些耀眼的技术热点上跟踪追赶? 还是应当在基础理论上深入研究突破创新?^[1]

1 概念与能力

自然进化所造就的智能, 称为自然智能. 与此对应, 人工智能就是指由人类所制造的智能, 也就是机器的智能. 然而, 人工智能的原型必定是自然智能, 特别是人类的智能, 因为人类智能是地球上迄今所知晓的最为复杂最为高级的智能. 于是, 人工智能研究的任务就是: 理解自然智能奥秘, 创制人工智能机器, 增强人类智力能力.

那么, 什么是人类的智能? 虽然目前学术界还没有建立统一的定义, 但是, 原理上可以这样理解, 人类的智能是指: 为了不断提升生存发展的水平, 人类利用知识去发现问题、定义问题(认识世界)和解决问题(改造世界)的能力^[2].

众所周知, 发现问题和定义问题的能力, 是人类创造力的第一要素. 这种能力主要依赖于人类的目的、知识、直觉、临场感、理解力、想象力、灵感、顿悟和审美能力等等内秉品质, 因此称为“隐性智能”; 解决问题的能力主要依赖于获取信息、提炼知识、创生策略和执行策略等外显能力, 因此称为“显性智能”. 隐性智能和显性智能相互联系、相互促进、相辅相成, 构成人类智能的完整体系.

研究表明, 人类的隐性智能颇为复杂, 甚至颇为神秘. 机器没有生命, 也没有自身的目的, 难以自行建立直觉、想象、灵感、顿悟和审美的能力, 而人类自己对于这些内秉能力的理解也十分有限, 因此难以在机器上实现隐性智能. 这就是人工智能难以全面超越人类智能的原因. 加之, 随着社会的进步, 人

引用格式: 钟义信. 人工智能: 概念·方法·机遇. 科学通报, 2017, 62: 2473–2479

Zhong Y X. Artificial intelligence: Concept, approach and opportunity (in Chinese). Chin Sci Bull, 2017, 62: 2473–2479, doi: 10.1360/N972016-01315

类的隐性智能本身也还会不断地进化发展,不会永远停留在某个固定的水平上,这就使机器的能力更加难以企及。

相对而言,显性智能富于操作性,比较可能被理解和研究。目前,多数研究者都把显性智能作为主要研究对象。由于人类智能具有远胜于机器的创造力,而人工智能机器具有远胜于人类的工作速度、工作精度、工作强度和耐力等操作能力。因此,这种研究实际上是人类发现问题、定义问题的创造性智能与机器解决问题的操作性智能强-强联合、优势互补的研究范式^[3]。

显而易见,这种“人类发现问题与定义问题的隐性智能”与“机器解决问题的显性智能”之间实现强-强联合优势互补的人工智能研究,将极大增强包括智力和体力在内的人类能力,是人工智能研究的方向。当然,也有一些学者坚持认为,学术研究不存在禁区,人类的隐性智能也早晚会被攻克,“人工智能将全面超越人类”的目标并非遥不可及。不过到目前为止,这种说法还缺乏确切的科学依据。

2 问题与方法

人工智能的研究目的,是要在理解自然智能(特别是人类智能)基础上创制具有一定智能水平的智能机器。因此,无论是自然智能研究还是人工智能研究,都涉及思维的深层奥秘,都是极其深刻和高度复杂的研究,都必然要求助于方法论的指导。

20世纪普遍流行的方法论是“机械还原论”。它宣称:研究各种复杂系统的有效方法是“分而治之,各个击破”。人工智能的研究者们于是秉承了“分而治之”的方法,把模拟自然智能的人工智能问题分解为三种基本进路,即:或者从结构上模拟、或者从功能上模拟、或者从行为上模拟。

这样,历史上的人工智能研究便先后出现了(1) 1943年由McCulloch和Pitts^[4]发表的人工神经元模型开启的人工神经网络研究方法(即结构模拟方法,也称结构主义方法)^[6~9]; (2) 1956年由McCarthy^[10]发起、由Simon^[11]和Newell^[12]等人提出的“物理符号系统假设”开启的物理符号系统研究方法(即功能模拟方法,也称功能主义方法)^[13~19]; (3) 1990年由Brooks^[20,21]研制的“六脚虫机器人”推动的感知动作系统研究方法(即行为模拟方法,也称行为主义方法)。

三种研究方法都取得了令人瞩目的进展。人工

神经网络的研究在模式识别和故障诊断以及深度学习等增强形象思维能力方面取得了性能优异的成果;物理符号系统(包括后来的专家系统)在数学定理证明和信息检索以及机器博弈(如国际象棋和围棋等)等增强逻辑思维能力方面取得了令人振奋的成就;感知动作系统(包括各种智能机器人)的研究在增强行为能力方面取得了令人鼓舞的成果。

但是,另一方面,人工智能的研究也面临着相当严峻的挑战,这就是:三种研究方法的目都是“研究人工智能,制造智能机器”,可是它们之间却难以互相有效集成,难以形成合力,“殊途不能同归”。不仅如此,在相当长的一段时间内,三者之间还互不认可,时而发生尖锐的互相抨击^[22~24],以至形成鼎足三分互不相容的局面,显示了三者的方法论均可能存在缺陷。这是长期困扰人工智能研究人员的重大问题。

为了扭转这种局面,不少学者进行了“建立人工智能统一理论”的不懈努力。其中最有代表性和影响力的标志,是Russell和Norvig^[25]于1995年出版的长篇巨著*Artificial Intelligence: A Modern Approach*以及Nilsson^[26]于1998年出版的学术专著*Artificial Intelligence: A New Synthesis*。前者提出了统一人工智能理论的现代途径(Modern Approach),即以Agent为载体,把三种研究方法的成果都用来改善Agent的相关能力。后者提出了统一人工智能理论的新的集成方法(New Synthesis),也是以Agent为载体,把三种研究方法的成果集成到Agent系统上。

令人印象深刻的是,Russell和Norvig的专著以其1000多页的宏大篇幅和1000多项参考文献在国际学术界产生了巨大的影响,不但在2003年和2006年连续再版,而且成为90多个国家的900多所高等学校的教材。可见,追求“人工智能的统一理论”成为了国际人工智能学术界多么普遍的愿景。

然而,深入考察这两部著作发现,无论是“现代方法”还是“新的集成”,都没有从三种研究方法的深层本质去发现问题和寻求突破,只是把三种研究方法的成果直接地集成拼接在Agent上,因此都没有能够真正实现“建立人工智能统一理论”的初衷。

什么是研究方法的深层本质?那就是从全局和本质上把握问题的科学方法论。

我国一些学者注意到^[27~30],从全局和本质上看,人类智能和人工智能系统都可以用图1的宏观抽象模型来表示;主体的“智能”应当是在与客体相互作用

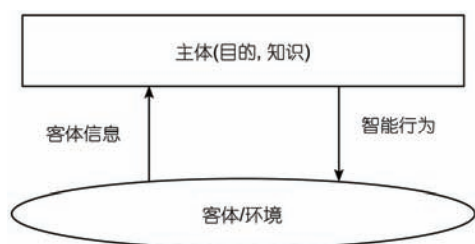


图1 智能系统的全局抽象模型

Figure 1 The abstract and global model for intelligent system

的过程中展现出来的高超能力：首先，环境中的客体会把自己的“客体信息”作用于主体；于是，有智能（有目的，有知识）的主体就根据自己的目的和知识生成相应的“智能策略”并把它转换为“智能行为”反作用于客体，以图达到自己的目的（见图1）。

这样，需要追问的问题就是：主体的“智能策略”是怎样生成的？这显然是一切智能研究（包括人类智能研究和人工智能研究）都必须回答的根本性问题。

为此，就需要把图1所表示的智能系统全局抽象模型进行更加深入的展开，变成一个仍然是全局性的然而却又更深层更本质的智能系统模型，以便能够全面而深刻地揭示客体的“客体信息”是怎样激发出主体的“智能策略”和“智能行为”的奥秘。这样就得到了图2所示的智能系统原理模型^[2,27]。它既可以刻画人类智能系统的工作机理，也可以表现人工智能系统的工作原理。

图2的模型看上去很复杂，涉及到感知选择、认知、基础意识、情感、理智、综合决策和执行等复杂功能。但是贯穿模型全局过程的功能主线却非常清晰，这就是图中黑色楷体示出的“客体信息→感知信息→知识→智能策略→智能行为”转换，或者也可以简记为“信息→知识→智能”转换。这些转换过程构成了一切智能系统（人类智能系统和人工智能系统）智能生成的共性核心机制。

值得注意的是，在主体与客体相互作用的过程中，由客体信息生长出感知信息、由感知信息生长出知识、再由知识生长出智能策略和智能行为的这种“智能生成的共性核心机制”，却体现了一种与时下流行的“分而治之”方法论完全不同的全新方法论。根据这种新方法论的基本特征，可以把它命名为“信息生态”方法论。

信息生态方法论强调：（1）作为主体的感知信息，必须是“语法信息、语义信息和语用信息的三位一体”，而不应像Shannon信息论那样被分解成为三个成分进行独立的研究；（2）作为信息生态的各个生长阶段（客体信息、感知信息、知识、智能策略、智能行为），它们之间也不应当被相互割断，不当相互独立研究，而应当保持前者生长后者的相互关联，所有这些生长阶段共同构成信息生态的完整系统。可以看出，信息生态方法论强调各个要素之间的“互相关系”，机械还原方法论则强调各个要素之间的

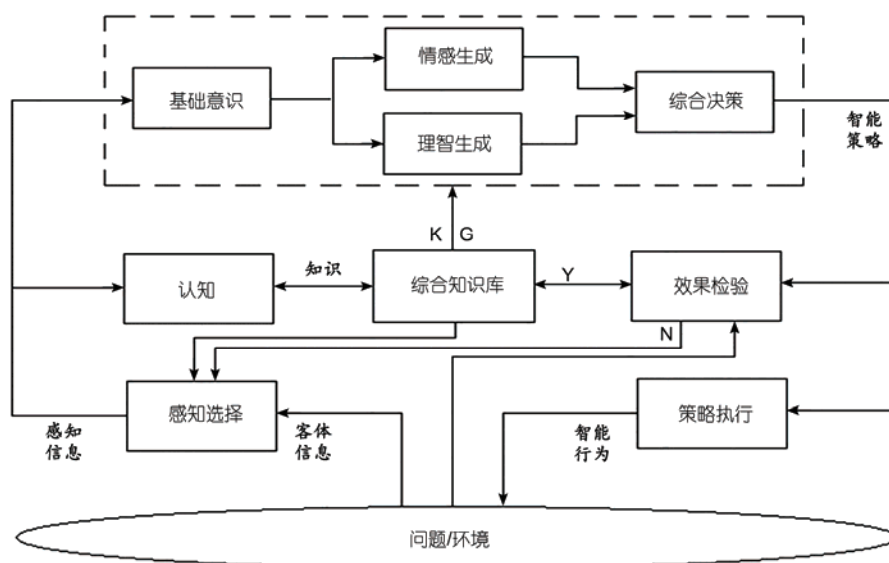


图2 智能系统的原理模型

Figure 2 The model of intelligent system in principle

“互相分割”，两者存在根本的区别，却又互相补充。

还可看出，信息生态方法论很好地体现了“从全局上和从本质上把握问题”的品格，很好地适应了“信息”这类对象的性质，因而可以成为研究信息问题(特别是智能系统这类复杂的信息问题)的普适性方法论。而以分而治之为特征的机械还原方法论则只能适用于机械系统的研究，不能单独满足复杂信息系统的研究。

按照“信息生态”方法论的思想，人们可以做出明确的判断，对于“智能生成”这个目的来说，系统的“智能生成机制”才是驾驭智能系统全局的灵魂，至于智能系统的“结构”、“功能”和“行为”，则都是为实现这个“机制”而服务的。所以，机制才是总纲，结构、功能和行为都是细目。如果只有细目没有总纲，就难免陷入“一叶障目不见泰山”的境地。这就是人工智能三大学派长期争论不休的原因。

基于以上的分析，我们提出了基于机制模拟的机制主义人工智能理论，也就是基于“信息→知识→智能”转换的人工智能理论^[2]。这是一种与现行的基于结构模拟的结构主义人工智能理论、基于功能模拟的功能主义人工智能理论、以及基于行为模拟的行为主义人工智能理论完全不同的新理论，不妨称之为第四种人工智能理论。

出人意料却又属情理之中的情况发生了：根据具体运用的知识类型的不同，机制主义人工智能理论可以表现为三大类型(见表1)：A类使用的是经验性知识，B类使用的是规范性知识，C类使用的是常识性知识；结果发现，结构主义人工智能(人工神经网络)恰好是A类机制主义人工智能的特例(都是利用经验性知识)；功能主义人工智能(专家系统)是B类机制主义人工智能的特例(都是利用规范性知识)，行为主义人工智能(感知动作系统)是C类机制主义人工智能的特例(都是利用常识性知识)。

表1 结构主义人工智能、功能主义人工智能、行为主义人工智能与机制主义人工智能的相互关系

Table 1 The interrelationship among structuralism, functionalism, behaviorism and mechanism AI

机制主义人工智能	信息	知识	智能策略	特例
A类	信息	经验性知识	经验型智能策略	人工神经网络
B类	信息	规范性知识	规范性智能策略	专家系统
C类	信息	常识性知识	常识性智能策略	感知动作系统

更有意思的是，由于经验性知识可以通过修正和完善转换为规范性知识，而经验性知识和规范性知识都可以通过普及转换为常识性知识，因此，机制主义人工智能的三大类型之间存在和谐的生态关系：即存在A类→B类→C类的“相生转换”关系，而不存在矛盾与冲突。于是，按照表1的关系，人工神经网络、专家系统、感知动作系统之间也应当存在“相生转换”的关系，不应当存在矛盾与冲突。这就化解了长期以来三大人工智能学派之间互不相容以邻为壑的局面，开辟了“相生转换”的局面。

以前，人工智能三种方法之间的共同基础被不恰当的“机械还原”方法论所掩盖，三大学派之间形成了“相克”的关系；现在，由于运用了“信息生态”方法论，揭示了三种方法之间的本质联系，认识到三大学派分别是机制主义人工智能在不同知识条件下的特例，因而形成了“相生”的关系。这就充分说明，正确的方法论对于科学研究的发展是何等重要。

最近击败国际围棋高手李世乭的人工智能AlphaGo系统证实了这种“相生融合”策略的正确性：它采取了结构主义人工智能技术(深度学习的多层神经网络)与功能主义人工智能技术(博弈树搜索技术)互补融合的策略，获得了空前的优势，虽然AlphaGo所采取的“相生融合”策略还只是局部的和浅层的。

回到图2所示人工智能原理模型的实现问题。不言而喻，图中的所有模块都是为了实现“客体信息→感知信息→知识→智能策略→智能行为”转换这个智能生成机制。由于本文篇幅所限，这里不可能细致地讨论所有这些问题。但是可以指出，只要给定了人工智能系统所面对的“问题类型”、提供了求解该类问题所需要的“知识”、正确地预设了求解该类问题的“目标”，那么，原则上说，所有这些模块的设计都是可行的。当然，给定的问题越是复杂，这些模块的具体设计也一定会越复杂越困难，甚至有时复杂到难以实现的地步。这些，便是需要今后不断研究的问题。

不过还要指出，人工智能的研究还面临着另一个巨大的挑战，这就是：“形式”的思维过程是怎样产生“内容”的？自古以来，科学都在教导我们，科学研究的前提是必须“形式化”。数学研究是形式化的，物理的研究是形式化的，化学的研究也是形式化的，如此等等。但是，如果智能的研究也是纯粹形式化的，那么，思想内容是怎么产生的？或者说，“内容是怎样从形式中产生出来的？”这也是人工智能研究无法

回避的重大问题。作者相信,解决这一问题的出路,也在“信息生态”方法论的应用。本文作者的“全信息理论”提供了由形式化的语法信息和语用信息生成体现内容的语义信息的基本途径^[2,3,27]。

总之,图2的原理模型表明,人工智能研究的问题是开放的(表现为主体与环境客体之间的相互作用)复杂的(直指思维的奥秘)信息系统,以“分而治之各个击破”为特征的“机械还原”方法论不再能够满足人工智能研究的需要,而以“信息转换与智能创生”为特征的“信息生态”方法论则适应了人工智能研究的性质,为人工智能研究的发展开创了广阔的前景。这是人工智能科学技术发展的基本趋势。

3 绝佳机遇

任何科学技术的作用,都是为人类提供认识世界和改造世界的理论与工具。农业时代的科学技术为人类提供了基于物质资源和物质科学理论的人力工具(如锄头、镰刀等);工业时代的科学技术为人类提供了新的物质理论、开创了能量理论,为人类提供了基于物质和能量两种资源相结合的动力工具(如机车、机床等);信息时代的科学技术则为人类提供了新的物质和能量理论、开创了信息科学理论,为人类提供了基于物质、能量和信息三种资源有机结合的智力工具(如各种人工智能系统和智能机器人等)。因此,工业时代的社会生产力远远超越了农业时代,而信息时代的社会生产力则将理所当然地远远超越工业时代。换言之,信息时代之所以能够优越于工业时代和农业时代(更不要说游牧时代了),根本的原因在于人类利用了以信息科学技术为主导的现代科学技术创造了各种智力工具,孕育和提供了以智力工具为表征的智能化社会生产力。各种人工智能系统,就是这种智力工具的具体体现。

图2的信息生态模型启示我们:信息生成知识以及知识生成智能的机制依赖于对脑科学和认知科学

的理解,因此,人工智能科学技术是脑与认知科学的技术实现与应用;而为了实现脑与认知科学所揭示的“信息转换与智能创生”机制,信息科学技术则是必由之路。从这个意义上可以说,人工智能是信息科学技术的核心、前沿和制高点。总而言之,人工智能科学技术是脑科学、认知科学与信息科学技术的交叉产物,是信息时代名副其实的“头脑”科学技术。

掌握了人工智能这种“头脑”科学技术,就可以与各行各业的需求及知识相结合,创制为各行各业的进步与发展所需要的各种人工智能系统,为各行各业的现代化发展提供智能化服务。这是经济、社会、文化、科技、民生、健康、国防等全方位全领域的智能化服务。可以确信,哪个国家率先掌握和全面应用了这种“头脑”科学技术,哪个国家便能够率先进入高度先进高度发达国家的行列。

如上所述,研究人工智能的科学方法必须采用“信息生态方法论”,而不能满足于时下广泛流行的“机械还原方法论”。中华文明历来具有“整体论”“辩证论”的思维素养(中医学的辨证施治是一个典型代表,只可惜它的工具太原始了,宝贵的经验也未曾提炼成为系统的理论),它与“信息生态方法论”直接相通,因而最容易接受、理解和把握“信息生态方法论”,最容易做到捷足先登。虽然我国近代缺失了“工业革命”的洗礼,存在工业基础和工艺技术方面的差距,但是,只要善于发扬“信息生态”科学方法论的巨大优势,注意补上工业工艺方面的短板,我们就具备了巨大的潜力在人工智能基础理论研究领域突破现有的传统框框,创造崭新的理论体系。回顾当今世界人工智能科学技术发展的状况可以清晰地看到:当下人工智能领域最为紧迫的需求和最为难得的机遇,正是人工智能基础理论的突破与创新,而这,正是中华文明的潜在优势之所在。这是中华民族在当代世界高新技术和尖端科学技术激烈竞争中所面临的绝佳机遇。

参考文献

- 1 Zhong Y X. Artificial intelligence: the secrets behind the scenery (in Chinese). Sci Tech Rev, 2016, 34: 14–19 [钟义信. 人工智能: 热闹背后的门道. 科技导报, 2016, 34: 14–19]
- 2 Zhong Y X. Principle of Advanced Artificial Intelligence: Views, Methodology, Model, and Theory (in Chinese). Beijing: Science Press, 2014. 39–54 [钟义信. 高等人工智能原理: 观念·方法·模型·理论. 北京: 科学出版社, 2014. 39–54]
- 3 Zhong Y X. Introduction to Information Science and Technology (in Chinese). 3rd ed. Beijing: BUPT Press, 2015. 103–117 [钟义信. 信息科学技术导论. 第三版. 北京: 北京邮电大学出版社, 2015. 103–117]

- 4 McCulloch W C, Pitts W. A logic calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bull Math Biophys*, 1943, 5: 115–133
- 5 Rosenblatt F. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychol Rev*, 1958, 65: 386–408
- 6 Hopfield J J. Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1982, 79: 2554–2558
- 7 Kohonen T. The self-organizing map. *Proc IEEE*, 1990, 78: 1464–1480
- 8 Kosko B. Adaptive bidirectional associative memories. *Appl Opt*, 1987, 26: 4947–4960
- 9 Rumelhart D E. *Parallel Distributed Processing(1~3)*. Cambridge, MA: MIT Press, 1986
- 10 McCarthy J. Proposal for the Dartmouth summer research project on Artificial Intelligence. Tech Rep, Dartmouth College, 1955
- 11 Simon H A. *The Sciences of Artificial*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1969
- 12 Newell A. Physical symbol systems. *Cognit Sci*, 1980, 4: 135–183
- 13 Turing A M. *Can Machine Think?* New York: McGraw-Hill, 1963
- 14 Newell A, Simon H A. GPS, A Program That Simulates Human Thought, in ‘Computers and Thought’. New York: McGraw-Hill, 1963. 279–293
- 15 Feigenbaum A. The art of artificial intelligence: Themes and case studies in Knowledge Engineering. *IJCAI*, 1977, 5: 1014–1029
- 16 Feigenbaum E A, Feldman J. *Computers and Thought*. New York: McGraw-Hill, 1963
- 17 Newell A, Simon H A. *Human Problem Solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972
- 18 Nilsson N. *Principles of Artificial Intelligence*. Berlin: Springer-Verlag, 1982
- 19 Minsky M L. *The Society of Mind*. New York: Simon and Schuster, 1986
- 20 Brooks R A. Intelligence without representation. *Artif Int*, 1991, 47: 139–159
- 21 Brooks R A. Elephant cannot play chess. *Auton Robot*, 1990, 6: 3015
- 22 Brooks R A. Engineering approach to building complete, Intelligent Beings. *Proc SPIE*, 1989, 1002: 618–625
- 23 Minsky M, Papert S. *Perceptron*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1969
- 24 Papert S. One AI or many? *Daedalus*, 1988, 117: 1–14
- 25 Russell S J, Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Pearson Education, 1995
- 26 Nilsson N J. *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. Morgan Kaufmann Publishers, 1998
- 27 Zhong Y X. Principles of Cog-netics in Machine: Information-Knowledge-Intelligence Conversion and Their Unified Theory (in Chinese). Beijing: Science Press, 2007. 249–268 [钟义信. 机器知行学原理: 信息、知识、智能的转换与统一理论. 北京: 科学出版社, 2007. 249–268]
- 28 He H C. Principles of Universal Logic (in Chinese). Beijing: Science Press, 2001 [何华灿. 泛逻辑学原理. 北京: 科学出版社, 2001]
- 29 Tu X Y. Coordination Theory (in Chinese). Beijing: Science Press, 2012 [涂序彦. 协调学. 北京: 科学出版社, 2012]
- 30 Wang P Z. Factor space approach and knowledge representation (in Chinese). *Fuzzy Set System*, 1990, 36: 113–124 [汪培庄. 因素空间方法与知识表示. 模糊集合系统. 1990, 36: 113–124]

Summary for “人工智能: 概念·方法·机遇”

Artificial intelligence: Concept, approach and opportunity

ZHONG YiXin

School of Computer Science and Technology, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China

E-mail: zyx@bupt.edu.cn

It has been commonly accepted that all kinds of conscious activities, complex and creative activities in particular, performed by human beings are all activated, controlled, guided and evaluated by human intelligence. In other words, human intelligence is really the creative center for any meaningful activities in humans. The major goal of artificial intelligence research is the attempt to explore and understand the secrets of the working mechanism of human intelligence and then, based on the understanding, to simulate the mechanism of human intelligence in machineries so as to innovate artificially intelligent machines that are expected to be able to support all human activities in a way that looks nearly like human beings. Therefore, the advancement resulted from artificial intelligence research will effectively promote the innovative progresses in all fields of human activities, including the economic and social development, scientific and technological researches, educational and cultural standards, security and military defense affairs, etc. It is because of this fact that many countries, especially the developed countries, in the world have attached very high importance with, and also made very heavy efforts in, artificial intelligence research. Furthermore, it is worth noticing that due to the radical difference in properties exists between matter and information the scientific methodology for artificial intelligence research is experiencing a great upgrade. The old methodology called mechanical reductionism featured with “divide and conquer”, which has made long-term contributions for the development of matter science during the past hundreds years, has to be replaced by the new methodology called information ecology-ism featured with “integration and up-growing”, which is emerging up just recently and is more appropriate to the Chinese thinking tradition. This is an excellent opportunity, never met before in history, for Chinese researchers to make more contributions to the development of artificial intelligence in the world in our time. In viewing of the panorama concerning the artificial intelligence research stated above, it is more necessary for China to make comprehensive investigation in depth on the status, the trend, and the implication of artificial intelligence research and to make proper policy for strengthening the supports to the advancement of artificial intelligence.

artificial intelligence, artificial neural network, intelligent robot, convergence, mechanism of intelligence formation, information ecology

doi: 10.1360/N972016-01315