

● 科学哲学

计 算 与 科 学 哲 学*

宋 伟

(武汉大学 人文科学学院, 湖北 武汉 430072)

[作者简介] 宋 伟(1972-), 男, 安徽临泉人, 武汉大学人文科学学院哲学系博士生, 主要从事科学哲学研究。

[摘 要] 认知科学、人工智能和计算理论的发展使得计算的观念逐渐影响到当前哲学、心理学、语言学等学科的研究, 同时, 认知模型化和人工智能技术的发展也为科学哲学家提供了理解理论评价、科学发现等传统科学哲学问题的新方法, 因此, 传统的科学哲学研究正被赋予一些新的内容。

[关键词] 计算; 科学哲学; 科学发现

[中图分类号] N 03 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5374(2002)04-0440-05

一种知识理论的主要作用就是对人类知识的产生和增长进行说明, 这既需要描述人类知识的结构又需要描述人类知识得以增长的逻辑过程。由于对人类最具有影响力的知识来自于科学的运作, 即系统观察、实验以及对观察和实验结果的理论化, 因此, 对科学知识的结构和增长的理解就成为一种知识理论的主要任务。在对科学知识的结构和增长的理解中, 科学哲学家们传统上采用的是逻辑分析和历史案例研究等方法。20世纪50年代以后, 随着计算机技术和认知科学的发展, 计算的观念已逐渐影响到哲学、心理学、语言学等先前似乎与计算并无太多关系的学科领域。同时, 认知模型化、人工智能技术和计算理论的发展也为科学哲学家提供了理解理论评价、科学发现等传统哲学问题的新方法。正是在这种背景下, 计算科学哲学于20世纪80年代在西方逐渐兴起并成为当今科学哲学研究的一个新方向。

—

在计算机技术、认知科学和计算科学哲学中, “计算”(Computation)一词的含义指的是一个装置或一种元件可以执行一种准确而完整的、由数字、符号和语句所表示的解决问题的方案(算法), 也可以说, “计算”一词指的是一个装置或一种元件与一种可形式化的算法之间存在着的某种模型化关系^[1] (第335页)。这种现代“计算”的观念直接来源于1936年英国数学家阿兰·图灵(Alan Mathison Turing)对计算概念的著名分析, 即对任何一个过程而言, 如果它能够具体表现在一个算法中, 那么当且仅当它能够被一台图灵机实现, 简单地说, 也即是可计算性等于图灵可计算性^[2] (第202页), 从那时起, 图灵的计算概念已成为数理逻辑和科学中的标准概念。不过, 图灵的计算概念却引起了哲学家们的许多争论, 有的认为这种对计算的分析只能是必要的而不能是充分的, 有的则坚持认为这种分析可以具有充分性, 这些争论直到现在仍在继续^[1] (第335页)。

如果从一种更广泛的意义上将“计算”看成仅是与数字或符号的运算有关的概念,那么事实上哲学家们并不是随着现代“计算”观念的产生才开始对计算产生兴趣的。古希腊哲学家毕达哥拉斯(Pythagoras)就热衷于通过计算将实在与数等同起来,如他注意到音乐的和谐之美依赖于音程之间正确的数学关系,从而在音乐与数学之间建立了密切的联系^[3](第13-16页)。17世纪的英国哲学家霍布斯(Thomas Hobbes)对人类心智提出了一种机械的计算说明,在他看来,感知、想象和记忆都可以按照力学定律运动的物质来进行说明,而理性就是计算(reckoning),就是对人们所承认的一般名称加加减减,以此来记录和表明人们的思想。1642年,法国数学家和哲学家帕斯卡(Blaise Pascal)设计出了一种早期的计算机器(adding machine),这种计算机器可以通过相互啮合的齿轮进行加减运算。在这种设计的基础上,大约30年后,德国哲学家莱布尼兹(Gottfried Wilhelm Leibniz)设计出了一种可以进行乘除运算的计算机器。莱布尼兹认为,对于复杂事物的陈述可以通过一种类似乘除运算的过程从关于这些事物的组成部分的陈述中得到,如果一些基本的概念(一种人类思想的“字母系统”)可以被分离出来,那么所有的真理都可以从这些基本概念中被计算出来。在莱布尼兹看来,如果人们对某一问题的看法产生分歧,那么原则上只要他们坐下来计算一番就可以解决这种分歧^[4](第1-3页)。第一个为自动计算机器的设计提出详细建议的是19世纪的英国剑桥大学卢卡斯数学教授查尔斯·巴比基(Charles Babbage),1812年,巴比基首先提出了用于计算数学函数的差分机(Difference Engine)的构想,随后在1832年巴比基又提出了能够进行任何类型计算的、完全自动的分析机(A analytical Engine)的构想,尽管这两种计算机器的构想当时都没能真正得到实现,但这两种构想却为现代电子计算机的设计提供了进一步的启发^[5](第42-44页)。进入20世纪,计算理论和电子计算机技术逐渐发展成熟并开始对哲学、数学和逻辑研究产生影响,图灵根据现在被称为“图灵机”的抽象的数学装置提出了一种计算的概念,他的工作和丘奇(Alonzo Church)、哥德尔(Kurt G del)等人的工作一起让人们深刻地洞察到了逻辑和数学的本质与局限。最近20或30年内,认知科学和哲学研究者们所关心的主要问题已从“计算机能够思维吗?”转向了“思维即是计算吗?”^[6](第180页)。计算主义的拥护者对这一问题采取了肯定的回答,即认为心灵的本质就是计算,如果接受这一观点,那么人类的思维过程似乎均可用计算术语来进行表征,而分析哲学以及心灵哲学、科学哲学由于从事人类推理的分析,则因其必然涉及到人类智力活动领域中计算能力结构的问题而与计算分析的方法密切相关。

无疑,现代计算理论及其有关概念、方法和模型已经或正在对一些传统哲学研究的问题和方式产生影响。具体地说,一方面,计算为传统哲学研究带来了新的论题、方法和模型;另一方面,计算正在改变传统哲学家理解心灵、意识、经验、推理、知识、真和创造性等哲学基本概念的方式。不过,新的计算观念仅仅是推动了哲学研究而不是试图取代或消除哲学研究,它只是从一个重要的方面让现代某些“扶手椅上的思考”觉察到了自身的局限性。当然,计算的观念现在还并未(也许永远不会)影响到哲学研究的全部,对精神的自我省察,对先验真理的思考以及对某些问题元层次上的讨论目前还得以保留了传统哲学的某种特质。当前,在必须根据比较复杂的指令系统建立哲学分析的地方,计算分析的方法似乎成了专业研究工作是否取得进展以及是否富有成效的标志,这一点在现代心灵哲学和科学哲学研究中体现得最为明显。

二

如果说认知模型化、人工智能技术和计算理论的发展为科学哲学提供了新的理解问题的方法,那么将有关计算的概念、方法和模型应用于理解科学知识的结构和增长以及科学发现、科学理论的评价等问题则成了计算科学哲学研究的主要任务。这里需要说明的是,传统科学哲学也涉及“计算”(calculus)和“模型”(语义模型、语构模型),不过,其中的“计算”主要指逻辑演算或数学运算,“模型”主要涉及到科学理论的意义,它们与这里所指的主要与计算机程序的设计和运行有关的“计算”和“计算模型”有所不同。

认知模型化对计算科学哲学为什么那么重要呢?作为主要对人类心灵进行计算——表征理解的现代认知科学假定:人类的精神表征与计算数据结构相似并且精神活动过程与算法相似。这样,通过计算人们就可以在一定程度上理解自身的思维活动。在计算科学哲学中,对诸如科学发现和理论评价等问题同样可以用上述认知科学的研究方法来进行研究,如科学哲学家可以借助于相应的认知计算模型来理解科学家如何发现和评价假说。由于自然主义认识论认为,知识的研究与人类心理密切相关而与抽象的逻辑运算无关,因此,计算科学哲学中关于认知模型化的内容可被看做是自然主义认识论的一部分。对科学哲学来说,如果构造认知计算模型的目的在于对科学家提出和评价假说时所运用的思考方式的模拟,那么在人工智能领域中许多有价值的研究工作并不要求心理上的可靠性。这里需要说明的一点是,人工智能领域有时被分成两部分,即弱人工智能和强人工智能^[4](第6页)。弱人工智能研究的目的并不在于模拟真实的人类智能,而在于构造一些并非完全和人类智能相一致的有用的算法,以便完成一些由人类很难完成的任务;相反,强人工智能研究的目的就在于创造出具有人类真实智能和意识的人工心灵。为计算科学哲学提供研究方法的人工智能技术并不是和自然主义的认识论、心理主义的认识论相结合,而是与不考虑人类心理因素的所谓“机器认识论”(android epistemology)相结合,在计算科学哲学中人工智能技术的目的就是寻求与人类心理无关的一些科学哲学问题的计算模型。认知模型化和人工智能技术研究都包括设计与运行计算机程序,这两种研究都具有极强的模拟性,不过,科学哲学家也可以采用一种更具有理论性的计算分析方法来研究科学哲学中的一些问题,如通过对一种形式学习理论进行研究,从中找出一种语言,对该语言中每一个命题都可以通过一种探究的模式在证明的基础上确定其真值,这种研究的结果可以用于确定逼真实在论(convergent realism,对任一具有明确意义的问题,科学探究总是可以回答它)得以成立的条件。此外,计算理论或形式学习理论的研究结果还可以应用于科学发现和理论评价等科学哲学中一些传统问题的研究。

传统科学哲学对科学知识结构的研究常常限制在以形式逻辑和普通语言为基础的概念范围内,计算方法的引入为传统科学哲学带来了新的概念资源,如原型,因果网络,精神图像等等。而且,从计算的角度来考察科学知识的增长可以不局限于归纳逻辑的狭窄范围,科学哲学家可以借助于各种经典的、非经典的逻辑方法构造出相应的算法以获得数量定律、发现因果网络、形成概念和假说并评价相互竞争的说明性理论。

三

20世纪60、70年代,许多科学哲学家常常将“如何作出科学发现”?($? \Delta ? \dots \Delta ? \rightarrow SD$)和“科学发现是如何作出的”?($SD \rightarrow ? \Delta ? \dots \Delta ?$)这两个问题混淆在一起。对于前一个问题,“逻辑”似乎无法作为全部的答案,而对于后一个问题,“逻辑”似乎可以作为答案的一部分,因此,对于“科学发现的逻辑”的研究似乎并不是要为第一个问题提供全部的答案而是要为第二个问题提供部分的答案。到了80年代,关于发现的逻辑的争论已被关于发现的计算研究即以某种算法为基础的科学发现的模型化研究所取代。目前,科学发现的计算研究或机器发现的研究所获得的结果虽然还远不足以反映科学家的创造性思考过程,但它们却为人们以计算的方式看待科学推理提供了基础。就其直接目的而言,科学发现的计算研究或机器发现的研究在于开发出恰当的发现方法以及合理的发现系统以支持知识发现过程。这里的发现方法指的是用于完成发现任务的算法,一种发现方法可以是某种用于获取新知识的人类活动的重建,可以是已知方法以一种新方式的结合,也可以是一种全新的方法,机器发现的方法通常来自于机器学习、统计学、智能数据库管理等几个领域。发现系统指的是能够自动完成或支持使用者完成知识发现过程的软件(也可能涉及到硬件系统),一种发现系统可以将各种不同的并且大部分以搜索(search)为基础的发现方法整合在一起,它可以使用在交互式或自动化模式中并可以通过对其精确性、有效性、多样性以及自动性的评价而与其他发现系统进行比较。知识发现过程包括许多发现步骤,其中每一步骤

都旨在通过应用一种发现方法来完成一种特殊的发现任务,而整个过程的目的在于寻求一个既定领域的新知识,这种新知识从已知的数据和已有的旧知识中被推导出来并通过发现系统中评价判断的自动应用而被系统所识别。在机器发现这一较大的研究领域还可以再具体划分出几个较小的研究领域,如数据库中的知识发现、自动科学发现以及数学中的自动发现。由于自动科学发现主要应用于天文学、生物学、化学、物理学等自然科学领域并且主要研究与科学家的活动相似的知识发现过程,所以自动科学发现常常是科学哲学研究者更为关注的领域。在历史上,人们曾要求机器发现系统与大部分人工智能系统在无需使用者保持参与的情况下独自完成任务,但目前这种要求已经转变成为机器发现系统与大部分人工智能系统应该是支持使用者完成其任务^[7](第396-397页),这种转变显然说明人们对机器发现与人工智能有了更充分的认识。

由于任一科学问题中都包含着许多种可能的解决方法,所以有关科学发现的算法并不能保证从输入中必然获得最优的发现,正是考虑到这一情况,发现的计算模型通常都采用启发式方法(heuristics)。思维过程的心理学研究表明,启发式方法是寻找问题答案的基础,这种方法比试错法更为复杂,其寻找答案的方法类似从迷宫中寻找出路,运用启发式方法除了可以大大缩短寻找答案的时间还有助于消除数据的复杂性并从中找出一些相对稳定的模式。在这个研究方向上所取得的最初成果是P·朗利(Pat Langley)、赫伯特·A·西蒙(Herbert Alexander Simon)及其同事所设计的BACON系统,这一系统是一组使用启发式方法从数量化数据中发现数量化定律的程序,如对波义耳定律、欧姆定律和开普勒行星运动第三定律的再发现。朗利和西蒙等人坚持认为,尽管BACON系统过分简单地设想了人类的思考方式,但它与人类从数量化数据中获得定律的方式却有相当类似的一面^[8](第458-460页)。STAHL是郎利与其助手所设计的另一个发现系统,不过与BACON系统不同的是,这一系统的目的是产生定性定律而不是数量化定律,它要再发现那些在燃素学说发展过程中由斯塔耳(Georg Ernst Stahl)等人提出的定性定律^[8](第460-461页)。当然,科学发现的结果并不都是规则或定律,也有许多科学发现与一些新概念或新假说的提出有关,在这个过程中,类比方法常常起到了重要的作用。80年代,关于类比如何从记忆中出现的计算模型以及类比如何为一些问题提供解决方法的计算模型得到了大力发展,这个时期关于类比的计算研究远远超越了以往哲学对其所进行的说明。PI是P·萨伽德(Paul Thagard)和K·赫约克(Keith Holyoak)设计的一个归纳过程计算模型,这一模型可以通过类比推理来产生似真假说,如通过将声音的传播和反射方式与水波类比可以推测声音是由波构成的,在形成这一假说的同时,计算模型也可以形成一个新的理论概念,即“声波”(Sound Wave)^[8](第462页)。除了这些模拟已知科学发现的计算模型之外,科学发现的计算研究还设计出了另外一些计算模型,这些计算模型可以辅助研究者做出一些全新的发现,其中出现最早的模型之一是用来进行化学分析的DENDRAL^[9](第117-118页)。化学家们清楚地知道,即使是一种相对简单的有机化合物,其可能的分子结构也有上千种,因此根据某种有机化合物的光谱数据来确定该化合物的分子结构无疑是一项繁重的任务,DENDRAL在这里发挥了优越于人类科学家的重大作用。META-DENDRAL模型将发现的任务又向后推动了一步,它的任务是从经验数据中发现一些规则,用来解释分子碎裂性质以及对应的谱线峰值^[9](第127-129页)。与化学发现有关的另一个计算模型是MECHEM,它可以从一个化学反应的实验数据中自动搜索到与理论和实验相符合的最简单的化学反应机制^[10](第63-69页)。这一类发现模型在辅助研究者处理生物学、物理学和其他科学领域中的问题时起到了极大的作用。此外,科学发现也可以被看成是计算理论或形式学习理论中的一个问题,这种形式学习理论的目的是在一组给定的输入中识别或发现某种语言,与此相似,一个人类科学家可以被认为起到了这样一种作用,即将计算模型的输入看成是一组表示观察资料的公式并将相关的输出看成是一组表示世界结构的公式,而这本身即是一种发现的过程^[11](第54-55页)。

以上简要概述了科学发现计算研究的一些成果,但正如我们已经表明的,科学发现的计算研究并不是要如何作出科学发现提供一种最终的解决方案或标准理论,它只是试图探求科学发现中所蕴含的某些心理的、逻辑的机制并尽量在人机合作中运用这些机制以便创造出更多的科学知识。因为到目前为止

止,对诸如“如何测量光速”?或“磁可以生电吗”?等科学问题的提出还没有任何计算的说明,而提出这些科学问题却正是作出某些重大科学发现的前提条件,这也正是朗利和西蒙等人在对科学发现进行计算研究时所碰到的最难以回复批评者的一个难题。不过,尽管存在这一难题,却没有人能够否认科学发现的计算研究所具有的重要意义,这种意义不仅体现在一些新的、似乎是微不足道的科学发现的事实中,而且体现在人们对发现过程中信息处理机制的理解、对发现过程与证立过程之间关系的理解中。总之,科学发现的计算研究所取得的这些成果正是计算观念对科学哲学研究产生重要影响的一种具体表现。

[参 考 文 献]

- [1] COPELAND, B. J. What is computation?[J]. *Synthese*, 1996, (3).
- [2] [美] 王 浩. 数理逻辑通俗讲话[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
- [3] 桂起权. 科学思想的源流[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1994.
- [4] BYNUM, T. W. & MOORE, J. H. How computers are changing philosophy[A]. *The Digital Phoenix: How Computers Are Changing Philosophy*[C]. Blackwell Publisher Ltd, 1998.
- [5] HOLLINGDALE, S. H. & TOOTILL, G. C. *Electronic Computers*[M]. Penguin Books, 1982.
- [6] [英] L·乔纳森·科恩. 理性的对话: 分析哲学的分析[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 1997.
- [7] LANGLEY, P. The computational support of scientific discovery[J]. *Int. J. Human-Computer Studies*, 2000, 53.
- [8] HUNG, Edwin H-C. *The Nature of Science: Problems and Perspective*[M]. Wadsworth Publishing Company, 1997.
- [9] [美] A·巴尔, E·A·费根鲍姆. 人工智能手册: 第2卷[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [10] VALDES-PEREZ, R. E. Theory-driven discovery of reaction pathways in the MECHEM system[A]. *Proceedings of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence*[C]. AAAI Press, 1992.
- [11] THAGARD, P. Computation and the philosophy of science[A]. T W Bynum, J H Moore. *The Digital Phoenix: How computers Are Changing Philosophy*[C]. Blackwell Publisher Ltd, 1998.

(责任编辑 严 真)

Computation & Philosophy of Science

SONG Wei

(School of Humanities, Wuhan University, Wuhan 430072 Hubei, China)

Biography: SONG Wei (1972-), male, Doctoral candidate, School of Humanities, majoring in philosophy of mind and philosophy of science.

Abstract: With the development of cognitive science, AI and theory of computation, the conception of computation has been gradually penetrating into contemporary fields of philosophy, psychology and linguistics, etc.. At the same time, the development of cognitive modeling and AI technology also provides some new approaches for philosophers of science into understanding some traditional problems, such as scientific discovery, theory evaluation and so on. Therefore, the traditional philosophy of science and some other subjects are being endowed with some new contents.

Key words: computation; philosophy of science; scientific discovery