

计算机模拟大脑与功能性计算策略

蒋 柯*

【摘 要】 目前,计算机模拟大脑的研究取得了重大进步。在分析了当前技术成就之后,文章对“计算机模拟大脑”或“人工智能”的基本标准,即图灵测试的逻辑意义提出质疑,并指出,因为缺乏关于“心智”本身的有效认识,计算机模拟心智的努力可能走上了歧途。文章通过“反转图灵测试”的思维实验论证了计算机的计算策略与人类计算策略的区别,提出,计算机采用的是算法计算策略而人类大脑采用的是算子计算策略。文章进一步在本体论的层面上定义了算法策略是结构性计算,而算子策略是功能性计算。计算机要成功模拟人类大脑的工作需要采用功能性计算。功能性计算具有三个特征:第一,功能性计算在逻辑上将功能置于结构之先,用功能来定义结构;第二,功能性计算的算子同时蕴含了时间和空间意义;第三,功能性计算是连续量的计算。

【关键词】 人工智能;图灵测试;反转图灵测试;功能;结构;算子

当今计算机模拟大脑的技术突飞猛进,在很多指标上已经取得了突破性的成就。这些模拟的工作俱是以大脑的神经结构作为原型,用计算机单元或者芯片来复制大脑中神经元联结而形成的网络结构。而更重要的是,在不久的将来,计算机可能全面地模拟大脑功能,计算机可以复制,或者替代人类的所有心理功能。于是,科幻电影中描绘的人工智能与人类相提并论,甚至超越人类的场景就可能成为现实。

我们先不论科幻的场景是否会成真,而是认真地思考一下计算机模拟大脑究竟意味着什么?计算机是如何模拟大脑的?计算机模拟大脑可能遭遇什么样的瓶颈性障碍,目前所取得的成就是已经突破了这些瓶颈还是正卡在中间挣扎?以及,关键的问题是:计算机模拟大脑是否就等于模拟了“心理”?

本文希望通过沿着关于这些问题的思考路线,提出一个计算机模拟大脑的功能性计算策略的假说。

一、计算机对大脑的模拟

让我们先来看计算机科学家是如何实现计算机模拟大脑的。

首先需要强调的是,计算机模拟大脑是在两个层面上进行的。一个是神经网络的层面,即通过计

* 心理学博士,西南民族大学社会学与心理学学院教授,610041。本文是中央高校基本科研业务费专项基金项目(2015SZYQN164)的阶段性成果。

计算机硬件的设计和制造在结构上模拟大脑的神经元联结方式；二是在计算机程序的水平，通过算法设计使得计算机系统的输入和输出关系拟合于大脑的工作效果。可以说，第一个层次是形态的模拟，或者是硬件的模拟。这主要是计算机设备研发机构的任务。诸如IBM公司近年来研发的蓝色基因S系列、P系列超级计算机，以及“大脑芯片”等硬件设备，是计算机科学家进一步开展人脑模拟的基础。这一系列工作的基础是关于人脑神经机制的生理学研究。也就是说，首先是神经科学家的研究揭示了大脑的形态特征和工作机制（本文将谨慎地使用“结构”和“功能”这两个术语，因为在本文中它们具有更加精确的定义和严格的使用规定，后文将做说明）；然后，计算机科学家努力通过电子原件来替代大脑的神经元并制造出一个在结构和运作机制上类似于大脑的电子设备。随着电子技术的发展，这种设备与生物大脑的拟合度逐渐提高。体现为体积缩小、能耗减少，而工作效能却不断提高。例如，从世界上第一台电子管计算机需要安装在一栋大楼里面，到今天放在桌面上的笔记本计算机，再到IBM公司最新推出了毫瓦级能耗的“大脑芯片”……计算机的硬件在体积和能耗，乃至形态上越来越接近于生物学意义上的“脑”。与此同时，另一种类型的计算机科学家则致力于程序的设计。他们则是基于认知神经科学和认知心理学的研究成果，即基于我们当前对大脑工作机制的认识来设计计算机的工作程序，从而使得计算机的输入——输出效果与大脑的效果接近。比如，现代认知神经科学和认知心理学认为，生命有机体的活动是由一套由感受器、中枢处理器和效应器构成的反响机制来完成的，计算机科学家也设计出一套类似的设备来执行类似的工作；认知心理学认为人的记忆是由感觉记忆、短时记忆和长时记忆等记忆系统的协调工作而完成的，计算机科学家也设计出相应的计算机存储机制来进行信息加工；认知心理学还认为，人的决策活动包括了信息的收集、评估、比较和权重选择，并最终实现效应输出，计算机科学家也设计相应的算法程序来进行信息计算，从而实现了“专家决策系统”（陶倩等，2013）。

当然，在有些任务中，我们目前对大脑是如何工作的并不清楚，这时，计算机模拟则完全以效果为标准。例如，有关模式识别的任务，尽管认知心理学家提出了若干种关于人的模式识别的假说，但是实际上没有一种能够有效地说明人的模式识别特征。这个领域内的计算机模拟则是以计算机对靶刺激识别成功率作为衡量指标，如果计算机的识别成功率接近人的正确识别概率，或者接近预期值，那么就可以说计算机成功地模拟了人脑的工作（陈蕾等，2005；孙佳音等，2009；王延江等，2013；周如旗等，2014；张亮等，2014）。

科学家付出极大的努力做出这些成就的意义在哪里呢？当然不仅仅是为了满足科幻作家关于未来人机大战的幻想。在向外的一方面，这种模拟是希望计算机或者其他具有类似智能的机器能够代替人类（或其他动物）从事一些实际的工作任务。在向内的方面，通过计算机模拟大脑也是人类了解大脑本身的一种研究途径。如果计算机能够很好地仿真大脑，那么我们就能够在这个仿真模型上探索并预测某些大脑的发展或病变特征，据此可以服务于教育或治疗等许多实用性领域。在这两个方面，我们对模拟的成功与否、模拟的效果等的评价也会有所不同。

从让机器代替人类工作的角度看，工作任务的要求是影响评价非常重要的一个变量。如果是一些比较简单的任务，目前有很多仿真机器人已经非常成功了；但是，随着任务复杂程度的提升，对仿真机器人的“智能化”要求就越来越高，制造这样的机器人的困难就越多。比如，对于打扫地板这样的任务，进入商用的扫地机器人已经做得非常成功了，它只需要对室内的物理空间环境做出适应性应答就可以了；但是，如果我们需要一个机器人来做保姆，负责照看婴儿，那么它至少需要能够对作为一个生命有机体的儿童的身体和心理特征做出适应性应答。这个任务要比扫地机器人的任务困难很多，它需要机器人具备一定的“智能”；如果我们希望用一个机器人来做警察，那么它将面临更加复杂的道德、法律以及情感的判断，这样的机器人必须要具备和人一样的“智能”。

由于任务复杂程度的差异,我们对从事不同任务的机器人的评价标准也不同。对扫地机器人来说,只要它能够将地板打扫干净就可以了,我们不需要它有“意识”;对于机器保姆来说,它至少应该具备一定的“共情”能力,也就是说,它应该能够识别他人的情感体验,并能够予以情绪性的回应。在这个意义上,它应该具备某种情绪体验;而机器警察则要面对很多道德、法律和情感等方面的两难问题,我们需要它能够像人一样做出复杂的决策。这就意味着它应该具备和人一样的思维以及关于环境和自身的觉知能力,而这就是“意识”。

这种评判标准的区别就形成了不同水平的人工智能假说。比较高水平的人工智能假说强调模拟全面性和完整性,即仿真机器人必须要像人一样有“意识”才算是成功的模拟。这个假说就是我们对机器警察的要求。而较低水平人工智能假说则认为只要完成任务的效果与人的效果一样,就算是模拟成功了。于是,扫地机器人在某种程度上就可以满足这种假说的要求。

在向内的方面,模拟作为认识自身的一种方法,除了要求表达效果的全面和完整拟合之外,甚至还努力追求形态上的模拟。比如,研究者努力使得人工脑在体积、能耗、响应速度等方面接近生物脑。

综上所述,无论在哪一个任务水平上,我们对于成功模拟的评价指标其实都是一个:“像人一样”。扫地机器人如果将地板打扫得和人打扫的一样,机器警察能够像人一样地执法,计算机大脑和生物大脑可以一样地发育和学习,等等。而另一个不知情的人如果不能分辨这个任务是由人还是计算机来完成的,这就意味着计算机的模拟是成功的。

这种评判就是“图灵测试”。

二、图灵测试的意义

图灵提出的“图灵机”构想被载入计算机发展史册,更有“图灵测试”成为迄今为止人工智能的评价指标。图灵测试是这样的:如果计算机能在5分钟内回答由人类测试者提出的一系列问题,并且有超过30%测试者认为这是人类的回答,那么这台计算机就算通过了测试。也就是说,计算机的表现与人相当(Turing, 1950)。科技新闻报道,2014年6月7日,一个模拟13岁男孩的计算机程序被认为通过了图灵测试^①。虽然这个测试本身也有一些缺陷,但是本文并不怀疑计算机一定能够通过图灵测试,同时,也不同意计算机通过了图灵测试就意味着它具有了与人一样的“心智”(mind),因为图灵测试本身是值得仔细考量的。本文接下来将对图灵测试提出三个质疑问题。

本文关于图灵测试的第一个问题是,计算机通过了图灵测试究竟意味着什么?我们能够说它和人一样具有了“心智”(mind)吗?

这个问题已经被很多心灵哲学家(philosopher of mind)论证过了,其中最著名的是塞尔的“中文屋”论证。塞尔假想有一个不懂得中文的人居于一间小屋子里,通过字条与外面的人用中文进行交流。这个场景就像是在进行图灵测试。这个不懂中文的人按照一套详尽的操作规则对字条上的符号做出应答。比如,当他接收到一张写有中文“你好”的字条,尽管他不认识中文,但是根据规则他将一张写有“你好,很高兴认识你”的字条递出去。塞尔假设,只要这个人拥有的规则足够完备,那么屋子外面的人就不会怀疑屋子里面的人是懂中文的。塞尔通过这个论证拒绝了强人工智能的“程序即心智”假说。他认为,通过图灵测试的计算机和中文屋里面不懂中文的人一样,只是对符号进行规则化加工而不论符号的意义;而不一样的是,人是对“意义”而不是符号本身做出应答(塞尔,2006;王佳等,2010)。

^①《中国新闻网》2014年6月10日:《电脑冒充13岁男孩首次通过“图灵测试”》<http://www.chinanews.com/cul/2014/06-10/6263081.shtml>。

当然,也有人对塞尔的论证不以为然,因为塞尔拒绝了“程序即心智”假说之后并没有给“心智”一个明确的界定。虽然他提出了“脑产生心智”、“心智是脑的机能”,但并没有回答“脑如何产生心智”这个问题(杨小爱等,2013)。由于篇幅所限,本文不希望在这里对塞尔的论证做过多评论,只想借助塞尔的论证表明:“即使计算机通过了图灵测试也不等于它具有了‘心智’”。

关于图灵测试的第二个质疑是它在逻辑上的合法性问题。图灵测试的目标实际上是检验“一个像人的机器到底是不是人”。这个问题之所以成立,首先必须承认“像人的机器”与“人”两个相区别的对象的存在。既然先确定了“像人的机器”与“人”是两个分离的对象,就意味着两者分别拥有属于自己独立的构成标准,并且这两种构成标准又必须是相互参照的。也就是说,讨论机器与人是否一致的问题,只有在机器出现以后才成立。一旦机器出现了,并且其构成标准是与人的构成标准相互参照的,这就意味着对机器的定义也包含了人的意义,而同时对人的定义也包含了机器的意义。这就是意义的建构性特征。一旦新的意义被建构出来,它同时也反过来重新定义了人或机器的存在特征。于是,机器的制造者基于这种定义制造了机器,检验者则基于这种定义考察二者“是一样的”或“不一样”。这个过程实际上是:先建构一个问题,然后再按照问题设计出解决这个问题的方法。

正如2014年被认为通过了图灵测试的那个计算程序,不同意见者对于程序的设计者将它设计为一个“13岁乌克兰男孩”的做法颇有质疑。因为这使得检验者必须以事先已经存在的关于“13岁乌克兰男孩”的构想来作为评价标准。也就是说,设计者先设计了一种思维的图式(schema)并强迫检验者使用这个图式来对其设计的程序进行评判。当然,即使设计者不做这样的限定,仅仅把程序设计为一个“人”,这个问题依然存在。因为“人”也是一个既定的图式,而检验者也必须在“人”这个图式下来做评判。

因此,无论机器是否通过了图灵测试,这个测试本身在逻辑上有自验预言的嫌疑。

第三个质疑是关于心智定义的问题。图灵测试所考察的重点是机器对人的应答特征的模拟。因此,机器的设计者必须先要了解“人”的应答特征。关于人的应答性特征的知识可以来自多种学科,但是适合于人工智能设计者采用的知识主要来自认知神经学科和认知心理学。人工智能的设计者是以认知神经科学、认知心理学的研究成果作为蓝本来设计仿真机器。实际上这两个学科与计算机科学有着天然的联系。众所周知,它们都是以“计算机隐喻”来定义心智的意义,即将心智定义为在神经网络中运行的信息加工过程。认知神经科学依据霍金斯和坎德尔的“学习的细胞生物学字母表”和比克尔的“组合还原”假说,将细胞生物学的分子机制解释成为信息加工理论的符号数据,进而成为了计算机模拟神经活动的数学模型(斯蒂克,2014)。而认知心理学则是按照计算机的工作原理而建构了心智模型:输入设备、中枢处理器,以及输出设备。在这个模型中,“心智”则被定义为信息加工的规则、语法,或程序的总和(熊哲宏,2002)。至此,我们不难看出,在计算机科学和认知神经科学、认知心理学之间实际上存在循环论证的问题。认知神经科学和认知心理学用计算机科学的模式建构了“心智”概念,然后计算机科学则用计算机来模拟这个“心智”,最后再用认知神经科学和认知心理学关于“心智”概念的标准来评判这种模拟的效果。归根结底,我们是在用计算机科学的规则对计算机的模拟进行评判。因此,实际上这种评价的结果不是“计算机像人”,而是“计算机像计算机”。

再则,我们还需要考察一下现代认知心理学关于心智概念的定义方式。自行为主义以后,主流的科学心理学实际上放弃了传统的关于“心智”的形而上学定义。现代认知心理学虽然使用“心智”这个词语,但是其含义已经完全没有传统形而上学的意味了。如前所述,现代认知心理学将“心智”定义为信息加工过程,这实际上是关于“心智”的一个“操作性定义”。因为我们至今无法清楚地解释心智的活动机制,但是认知心理学采用计算机隐喻的方式在人类心智之外平行地建构了一个信息加工模型,并规定,当这个模型的输入——输出效果与人类活动相似时,我们就可以认为这个模型有效地描

述了人类心智。

操作性定义这个概念是由物理学家布里奇曼在20世纪20年代提出来的。他提出：一个概念的真正定义不能用属性，而只能用实际操作来给出；一个领域的“内容”只能根据作为方法的一整套有序操作来定义。他认为科学上的名词或概念，如果要想避免暧昧不清，最好能以我们“所采用的测量它的操作方法”来界定。操作性定义的概念一开始虽然得到科学界的认可，但不久就遭到科学哲学家的批判（高剑婷，2010）。而另一方面，心理学家似乎更热衷于使用操作性定义的方法。这主要有两方面的原因，一是心理学家实际上误解了操作性定义的初始含义，而将它当作一种能够将主观性概念转变成客观概念的定义方式（高剑婷，2010）。而另一方面，心理学所涉及的诸多概念，比如“心智”，几乎是不能被任何客观的方式予以定义的。为了满足科学心理学的要求，用“测量它的方式”来定义这些传统的形而上学概念就成为科学心理学家的选择。

我们必须看到，当操作性定义用于“心智”概念的定义时暗含了某种认识论的悖论。

首先，心理学家之所以对“心智”做操作性定义，是因为无法给予它一个解释性的定义，也就是说，至今为止心理学家对“心智”的认识尚未完整，所以只能对这个概念做有限的描述。这个现实本身就暗示了现有的关于“心智”的研究方法，或者是描述方法是有限的，或不完善的。而认知心理学家却用这种不完善的方法回过头来定义“心智”，这使得关于“心智”的研究从一开始就偏离了它的初衷，即尽可能完整地描述“心智”并对其做出解释。

其次，操作性定义作为一种理性思维模式，其特征是用研究方法，也就是用规则来描述研究对象，并把这种描述当作被描述对象的全部意义。于是，对象本身是什么，或者具有什么意义不重要了，关键是它以什么样的方式满足于描述规则的要求。这就是形式化逻辑特征。在这套形式化逻辑之下有关“心智”的思考就是一系列依据算法而进行的计算，而这正是计算机所做的工作。于是，塞尔的“中文屋”论证同样也可以施用于在操作性定义中关于“心智”的讨论，即这样的讨论仅仅是针对规则的计算而不能揭示心智的“意义”。而“心智”概念的价值正是在于它的“意义”而不是形式化的规则。

综上所述，图灵测试作为衡量计算机模拟“心智”的标准，它并不能证明计算机真的“像人一样”。因为，图灵测试本身蕴含了矛盾并将模拟设计的基本思路引向了远离“心智”本质的方向。如果模拟的评价标准本身是有偏的，那么这种模拟就不可能到达目标。我们是不是应该寻求另外的“模拟之路”呢？

三、反转图灵测试与模拟的功能化进路

如果图灵测试没有为模拟指出一条正确的路线，我们应该如何寻找恰当的路线呢？

玩过走迷津游戏的人都会有一个经验，如果我们从起点出发去寻找通向终点的途径，那么很容易走进盲道而迷失正确路线；但是如果我们反过来，从终点开始回溯到起点则比较容易找到正确的路线。图灵测试实际上是引导模拟从起点出发去寻求通向终点的路线的指令。如前所述，这个从起点向终点的探索进程会遭遇很多盲道，常常误入歧途。那么，为了找到正确的路线，我们是不是应该反过来从终点回溯起点呢？

我们可以通过“反转的图灵测试”（Reverse Turing Test）来从终点向起点追溯。图灵测试是让计算机模拟人，并努力实现成功的伪装，以此来探索计算机模拟人类心智的方法。“反转的图灵测试”则把这种模拟反过来，我们要求一个人尽力去模拟计算机，并在“反转的图灵测试”中被测试者误认为是真正的计算机。在这个过程中，这个人会尽力做出哪些表现才能让测试者把他当成计算机呢？或者，测试者可以通过什么问题才能鉴别出被测试的对象是人而不是计算机呢？无论是伪装者还是测试

者,他们关注的中心问题都应该是哪些计算机可以轻易地做到而人却不能做到或者很难做到的任务。正如在图灵测试中,计算机要努力做到哪些人能够轻易做到而计算机却很难做到的任务一样,比如情绪的表达。

假如我作为测试者,在5分钟的测试时间里,我会让被测试者连续地计算一百组16位数的7次方再开5次方根;或者一次性快速呈现一个包含两百万个字符的字符串,然后立刻让被测试者复述。这些任务需要高速的运算能力、精确的信息保持能力作为支持。如果不借助外在的工具,人是无法在5分钟之内完成这样的任务的。由此我们可以看出,计算机与人的最显著的区别在于它所拥有的在特定领域内强大的“计算”能力,即快速、精确地进行符号运算的能力。当然,人的大脑在某些领域内也拥有非常强大的计算能力,并且也成为计算机努力模仿的目标。人的计算能力的特征是什么呢?认知心理学的传统观念认为,人的计算特征是网络化、并行性,以及直觉启发式等。计算机科学家也是从这些方面来设计计算机程序以模拟人的计算。但是随着“领域特殊性”思潮的兴起,有研究者提出了“算子计算”假说,认为人的计算采用的是“算子计算”,区别于计算机的“算法计算”(蒋柯,2016)。也就是说,计算机进行计算的核心是算法,即规则或程序,而无论什么对象被纳入到这样的计算程序中,都会被按照同样的计算规则进行加工。对计算机而言,被计算的算子是没有意义的,它可以是任何符号,可以是“0和1”也可以是“爱与不爱”,本质上它们之间没有区别。所以,计算机的计算是由算法驱动的。但是对人而言,被计算的算子是什么对于计算过程而言至关重要。人计算 2×3 和计算“他(她)到底爱不爱我”这些问题会分别启用不同的计算策略,也就是说,计算过程是由算子驱动的。

现在我们可以看出计算机模拟大脑的困难在哪里了。计算机通过算法计算来模拟人的算子计算。为了提高这种模拟的有效性,计算机不断提升算法计算的能力。今天的超级计算机能够做到每秒钟万亿次以上的计算速度,但是依然不能很好地模拟人的算子计算。另一方面,人在算法计算方面的表现远远弱于计算机,所以计算机要模拟人的计算特征还要尽量降低自己在算法计算方面的速度。比如,在图灵测试中,如果被测试者极快速地完成了复杂的数字计算,那么测试者就会将它判断为计算机。所以,计算机对人的模拟就陷入了这样一个悖论中:通过不断地提高计算速度的方式去模拟更慢计算。

所以,计算机模拟大脑的关键在于计算策略的选择。也就是说,计算机应该学会人类使用的算子策略。那么,算子策略是什么呢?

算法策略忽略算子的意义,而通过对算子排列顺序的操作来实现计算(Turing, 1936)。算子的排列顺序也就是其时空分布特征,在本体论的层面上的表达是结构性的。因此我们应该把这种计算策略称为结构性计算。相应地,算子策略则是以每一个被加工的单元——即算子——在其所存在的环境中所体现出来的存在意义作为加工的内容,并以这种意义来启动相应的计算规则,即所谓的意义启动计算。在本体论层面上这种存在意义的表达是功能性的。所以,算子策略的计算应该被称为功能性计算。结构性计算和功能性计算的区别在哪里呢?让我们来看这样一个例子:

我们假设一个由A、B、C三个元素构成的系统,C在M和N之间作往复运动,如图1:

这个系统的功能是C在M和N之间的运动特征来实现的,如果C处于静止状态,那么这个系统的功能就丧失了;同样地,功能的表达质量也是由C的运动特征

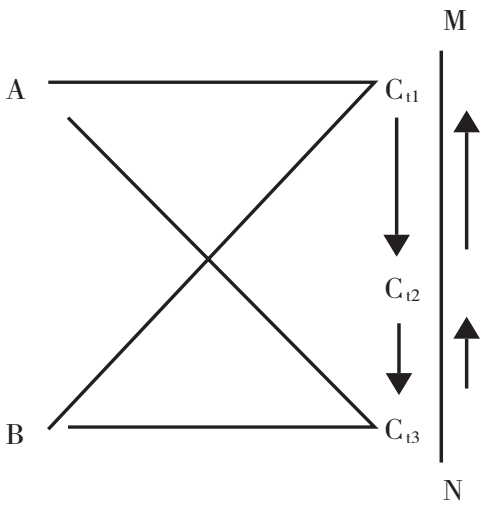


图1 由A、B、C三个元素构成的结构示意图

来体现的。在结构性计算中,为了描述系统的功能性特征,我们只能记录在每一个时刻 t , C 所处的位置。尽管我们可以建立一个关于 C 在时间 T 序列中位置变化的函数,但是这个函数只能够向我们报告每一个时刻 t , C 所在的位置,这个结果永远是一个离散量的集合。尽管我们可以引入微积分计算,但是依然不能将离散量转变成为连续量。虽然微积分是为了描述连续量而被发明出来的数学工具。但微积分本身的基础性预设却是不成立的(参见克莱因在《数学:确定性的丧失》一书中的论述)。总之,结构性计算不能真正描述这个系统的功能性特征。

系统的功能是靠 C 的运动特征来决定的,而不是在任何一个时刻 t , C 所处的位置 C_t 来决定。虽然在功能正常的系统中,我们可以预言在时刻 t , C 应该处于位置 C_t ,但是我们却不能够反过来预言:如果在时刻 t , C 正处于位置 C_t ,那么这个系统的功能是正常的。因为 C 在时间 T 中的位置变化是一个连续的运动过程,如果我们用时刻 t 与位置 C_t 来描述这种运动就会陷入“飞矢不动”的谬误。在这个系统中, C 的运动是否正常只能由功能的体现特征来衡量。因为 C 的运动,以及整个系统的全部特征都服务于其功能的实现,而不是维持其结构的完整。也就是说,在这里我们需要的是一种功能性计算策略。

这种功能性计算应该具有这样几个特征:

首先,在功能和结构之间,功能应该优先于逻辑上。因此,作为描述运动过程的数学模型,它是用功能来定义结构,而不是用结构来定义功能。关于结构与功能之间的逻辑关系,有论证如下:

比如,一滴水在空气中自由下落,它会呈“水滴形”。这个形状是水滴的结构性特征,是由重力、空气阻力、水滴的表面张力,以及空气的瞬间流动和水滴下落的速率等因素共同塑造的。水珠在空中下落过程中还有另一个特征,即它总是以遭遇的空气阻力最小的形式下落。这是水滴运动过程中的功能性特征。我们应该说:因为水珠的“水滴形”的形态使得它遭遇的空气阻力最小(结构导致了功能);还是应该说:水珠的在空气中的运动方式塑造了它的形态特征(功能导致了结构)?

(引自:奚家文,蒋柯:《进化而来的心理是功能还是结构?》,《华东师范大学学报》(教育科学版)2014年第1期。)

在这两者之中,只有第二种陈述,即功能定义结构的方式在逻辑上是自足的。所以,在逻辑上功能先于结构。(奚家文等,2014)

其次,功能性计算中的算子包含了更丰富的时空蕴含。在结构性计算中,算子本身是可以脱离于计算规则而存在的,也就是说,这次计算和下一次同样的计算中,算子本身不会发生任何区别。因此,结构性计算中的算子,也就是“数”只蕴含了空间意义,而没有时间意义。与之相应地,功能性计算中,算子的运动本身要参与计算,也就是说算子同时蕴含了时间和空间意义。于是,算子本身就成为了在时间和空间的变化中体现出来的“涨落”特征。

第三,功能性计算是对连续量的计算。对连续量进行计算也是结构性计算努力要实现的目标,但是,因为结构性计算的使用的算子本身是离散的,所以这种计算策略至今无法真正应对连续量的计算(克莱因,2007, p 348—391)。功能性计算的算子因为蕴含了时间意义,而以“涨落”的特征来表征世界,从而使得连续量计算成为可能。

参考文献:

陈蕾、张道强、周鹏、陈松灿,2005:《基于SWA的核自联想记忆模型及其人脸识别应用》,《应用科学学报》第5期。

高剑婷,2010:《操作主义可操作吗?对操作性定义理论的历史梳理与个案分析》,《云南大学学报》(社会科学

版)第4期。

蒋柯, 2016:《身心统一的功能哲学进路》,《南京师大学报》(社会科学版)第1期。

[美] 克莱因, 2007:《数学, 确定性的丧失》, 李宏魁译, 湖南科学技术出版社。

[美] 塞尔, 2006:《心、脑与科学》, 杨音莱译, 上海译文出版社。

[美] 斯蒂克, 2014:《心灵哲学》, 高新民等译, 中国人民大学出版社。

孙佳音、李海峰、雷理, 2009:《基于人工神经网络的音乐和弦感知》,《清华大学学报》(自然科学版)第1期。

陶倩、马刚、史忠植, 2013:《基于Agent的专家系统推理模型》,《智能系统学报》第2期。

王佳、朱敏, 2010:《对强人工智能及其理论预设的考察——基于中文屋论证的批判视角》,《心智与计算》第1期。

王延江、齐玉娟, 2013:《基于记忆机制的视觉信息处理认知建模》,《模式识别与人工智能》第2期。

奚家文、蒋柯, 2014:《进化而来的心理是功能还是结构》,《华东师范大学学报》(教育科学版)第1期。

熊哲宏, 2002:《认知科学导论》, 华中师范大学出版社。

杨小爱、魏屹东, 2013:《中文屋论证究竟证明了什么?由中文屋论证引发的计算机思维问题探析》,《山西大学学报》(哲学社会科学版)第2期。

张亮、陈睿、邱小松, 2014:《谱聚类递归神经网络集成的全自动公开区分计算和人的图灵测试识别算法》,《计算机应用》第5期。

周如旗、冯嘉礼, 2014:《基于属性粒计算的认知模型研究》,《计算机科学》第7期。

Turing, A. M., 1936, "On computable numbers, with an application to the Entscheidungs problem", *Journal of Mathematics*, vol.58, pp. 345—363.

Turing, A. M., 1950, "Computing Machinery and Intelligence", *Mind*, vol.49, pp. 433—460.

(责任编辑: 蒋永华)

Computer Simulation of Brain and Strategy of Functional Calculation

JIANG Ke

Abstract: Till now, computer simulation of brain has made so many wonderful achievements. Through reviewing these achievements, this paper is intended to question the criteria of computer simulation or artificial intelligence (i.e. the logical meaning of Turing Test), and to argue that computer simulation of mind may follow a wrong approach to the understanding of human mind. Through a "Reverse Turing Test", it is found that computer and man calculate with different strategies. The computer takes the arithmetic-based calculation and man the operator-based strategy. On the ontological level, we define the arithmetic-based calculation as structural calculation and operator-based calculation as functional calculation. If computer wants to simulate human mind successfully, it should use the functional calculation strategy. The functional calculation has three features: first, giving the function logical precedence over the structure, i.e. defining structure with function; second, the operator of functional calculation containing the meanings of both time and space simultaneously; third, functional calculation dealing with the task characterized by continuity rather than discreteness.

Key words: artificial intelligence; Turing Test; Reverse Turing Test; function; structure; operator