

从数学到人工智能的历史回顾

吴文俊

编者按：吴文俊院士是我国人工智能研究领域的开拓者，在自动推理、符号计算、拓扑学、中国数学史等研究领域取得了突出的学术成就。他提出的数学机械化和脑力劳动机械化已成为人工智能领域的重要研究方向，他的数学机械化思想和方法已广泛应用于计算机图形学、计算机视觉、智能CAD、图像压缩、机器人、数控技术、模式识别等诸多科学与工程领域。本期专刊特摘编吴文俊院士介绍从数学到人工智能的发展历史的文章，以飨读者。

维纳（Wiener）在他的名著《控制论》里提到，第一次工业革命是用机器来代替手。我们可以换一种说法，过去工业革命时代的特征是用某种机器来减轻甚至代替体力劳动。同样，我们可以说，新的工业革命时代的特征是用某种新型的机器来减轻甚至代替某些脑力劳动。简单地说，过去的工业革命是体力劳动的机械化，现在正在进行的工业革命是脑力劳动的机械化。

脑力劳动机械化的思想，并不是在有了计算机以后，或者在维纳提出来以后才有的。事实上，这种思想在很早的年代就已经有了。数学史学家克莱因（Kline）在他的名著《古今数学思想》中提到了笛卡儿（Descartes）关于脑力劳动机械化的思想。他说：“笛卡儿认为，代数应该可以把数学机械化，使得思维变得简单，不需要再让头脑费很大的力气。数学的创造也极可能成为自动的……甚至逻辑原理和方法也可以被符号化，并且整个系统都能

被用来把所有的推理过程机械化。”莱布尼兹（Leibniz）也有同样的想法。克莱因在其书中讲道：“代数可以将几何推理符号化甚至机械化，这种力量使笛卡儿和莱布尼兹印象深刻……莱布尼兹对于一种广义计算（broad calculus）的可能性产生了兴趣，这种计算可以使人在所有的领域都能机械地、不费力地进行推理。”

历史上已经有许多用某种方式减轻甚至代替脑力劳动的尝试。我们可以举些例子。第一个例子就是苏格兰数学家纳皮尔（Napier）创造了对数。利用对数可以将对于脑力劳动来说比较费劲的乘法、除法变成对于脑力劳动来说相对比较简单加法、减法。第二个例子是，笛卡儿在他1637年的名著《几何学》中提出了一些几何代数化的想法。就是引入后来所说的坐标系，它使对于脑力劳动来说比较艰难的几何推理变成脑力劳动相对轻微的代数计算。第三，法国数学家帕斯卡（Pascal）和

作者简介：吴文俊（1919—2017），中国科学院院士，著名数学家，首届国家最高科学技术奖获得者，首届国家自然科学奖一等奖获得者。

莱布尼兹相继在17世纪制造了一些计算机器。帕斯卡用这些机器来进行加法运算，把加法这种脑力劳动完全用机器来代替。而莱布尼兹改进了帕斯卡的机器，使其既能做加法又能做乘法。这是用机器来代替脑力劳动的创新。莱布尼兹用拉丁文写了一篇文章来介绍他的机器是怎样使用的。他在这篇文章中说：“一个出色的人像奴隶一样把时间浪费在计算的劳动上是很不值得的。如果有了机器，这种工作可以放心地交给任何人。”莱布尼兹的意思是不要把时间浪费在加减乘除这样烦琐的脑力劳动上，只要靠机器自动做就可以了。当然我们也可以推而广之，加减乘除可以这样做，别的脑力劳动也可以这样做。

脑力劳动机械化从笛卡儿和莱布尼兹提出比较笼统的想法以来，有了如下进展：先是英国数学家布尔（Boole）创立了现在所说的布尔代数，他把思维在某种程度上形式化，用代数形式加以描述。这是一个很大的进步，比起莱布尼兹和笛卡儿的想法至少有了某种程度的数学化。后来，两位数学哲学家，怀海德（Whitehead）和罗素（Russell），在1910—1913年出版了《数学原理》，里面罗列了几百条数学定理。到了20世纪，希尔伯特（Hilbert）正式提出了数学公理化的概念，还创立了数理逻辑这门学科，特别是在数理逻辑里面创立了证明理论，而且他还提出来数学本身的相容性问题。希尔伯特在最后的若干年尽力来证明数学是相容的，是不会产生矛盾的。

前面都是理论方面的进展，在实际应用方面，法国数学家埃尔布朗（Herbrand）创立了一种可以用来证明任何定理的算法。可是这一算法是不完全的，因为照此算法进行下去，不能保证可以在有限步骤之内结束证明。这种算法提供了一种进行推理的途径，任何定理都可以根据这种推理方式一步一步进行下去。假定

在有限的步骤之内结束了，定理就被证明了，如果不能在有限步骤内结束，就不能得出结论。因此这种算法是不完全的。但是它提供了一种方法，可以使推理过程实现一定程度的自动化。因为埃尔布朗在数学的逻辑推理方面提供了一般的方法，所以后来美国阿贡国家实验室的一些教授提出建立“埃尔布朗奖”来纪念他在这方面的贡献。1931年，奥地利数理逻辑学家哥德尔（Goedel）发表了一篇论文，向希尔伯特的计划泼了一盆冷水。希尔伯特想证明数学是圆满无缺的，是相容的，不会出问题。哥德尔说不见得是这样。他提出了不完全定理，说有些逻辑系统和有些定理，尽管我们知道是对的，可是不一定能够证明出来。结果使得希尔伯特数学圆满无缺的想法彻底破产。

以上这些结果都是反面的。埃尔布朗的工作算是比较正面的，但是并不能够提供任何真正有效的证明方法。1950年，波兰数学家塔斯基（Tarski）发表了一篇文章，证明初等代数和初等几何定理可以用一种算法来证明或否证。这是完全正面的一个结果，可以给出一个算法证明或否定代数和几何定理。也正因为这个结果，塔斯基计划制造一些类似计算机的逻辑证明机来进行几何和代数定理的证明。这当然是非常了不起的，可是他的算法复杂到了一定程度，不要说当时的计算机，就是现在的计算机，恐怕也不能用他的方法得出有意思的结果来。在塔斯基之后，20世纪70年代美国进行了许多试验，用塔斯基的办法来证明一些几何定理。他们能够证明出来的最复杂的一个定理是：假定有1、2、3、4、5五个点，知道1、2、3，1、2、4和1、2、5分别在一条直线上，结论是3、4、5在一条直线上。这个定理在我们看来就像没有说一样。所以说塔斯基的算法在理论上是完美无缺的，可是在实际上行不通，因为它的过程太复杂了。后来有美国、奥

地利等国的数学家把塔斯基的方法加以改进，增加它的效率。可是到现在为止，用这些改进了的方法能够证明的定理还是很简单的。

1950年以来，一些计算机科学家，像麦卡锡（McCarthy）、明斯基（Minsky）、纽厄尔（Newell）等人，提出了一个想法：是否可以利用计算机进行某种脑力劳动。由此成长起来一门新的学问——人工智能。这是用计算机来代替脑力劳动一次成功的尝试。比如说用计算机来进行翻译、诊断病情、与人下棋，开发各种专家系统、机器人踢足球等。人工智能发展已经50年了，现在还在进行之中。

另外，我们还要提到王浩先生的工作。他有一篇关于数理逻辑的很长的文章，标题叫《迈向数学机械化》（*Toward Mechanical Mathematics*）——数学机械化的名称不是我创造的，正是看到王浩先生的这个文章，联系到我们的工作，于是才有了数学机械化这个名称。他在文章中提到：“一个应用逻辑的新的分支产生的时机已经成熟，这个分支可以被称为‘推理分析’，它可以像计算数学处理数值那样来处理证明。我相信这种方法在不远的将来会导致用机器证明很难的新定理……适用于所有数学问题的普遍的判定方法是不存在的，可是形式化看来可以保证让机器做一大部分工作，而这些工作占据了今天的数学家们的宝贵时间。”可以说，我们做的数学机械化，正是像王浩先生所说的“推理分析”。它对待定理的证明就像计算数学对待数值那样，而且在不远的将来可以证明很难的定理。事实上我们的数学机械化可以说已经做到一定程度了，对几何定理的证明可以说不在话下。我们的方法也已经推广到微分情形，微分几何定理的证明应该也可以说不在话下，只是我们的机器设备和软件环境还跟不上。

计算机科学大师高德纳（Donald Knuth）在《计算机科学与数学的关系》这篇文章里说：“所谓计算机科学说穿了就是算法的研究。算法是把许多知识统一起来的有效途径，但是算法的研究一直要等到计算机器的出现才可能实现。”高德纳说，并不是有了计算机才有计算机科学的。事实上计算机科学在计算机出现前的很长一段时间就已经有了。总而言之，计算机科学深深植根于历史之中。先有计算机科学，然后才有计算机。

人类正在进入崭新的信息时代或计算机时代，它以计算机这一强有力工具的出现为其特殊标志之一。数学是一种典型的脑力劳动，它被公认为是所有科学技术的基础，同时数学又具有最广泛的应用性，各种活动都离不开数学的参与。因此，在所有的脑力劳动中，数学的机械化应该有最大的优先权与迫切性。此外，数学又具有表述上清晰、简明、确切等特点，而其他脑力劳动都很难具有所有这些特点，因此在所有脑力劳动中，数学应该最容易做到机械化。

我们发展数学机械化的目的不仅是为数学研究提供一个有力工具，更主要的是为我国高技术中的脑力劳动提供工具。我们的方法已经用于自动证明定理、自动发现物理规律、计算机图形学、智能CAD、计算机视觉、图像压缩、机器人、数控等关键技术的研制中。我们还希望加强在这方面的努力，使得数学机械化方法为我国高技术的发展作出实质性贡献。

（本文摘编自《系统科学与数学》杂志2008年第8期，原标题为《数学机械化研究回顾与展望》。）

（责任编辑：张一鸣）