# 人工智能——革命还没有发生

人工智能是当今时代的口头禅。这句话被技术专家、学者、记者和风险资本家们所吟诵。与许多从技术学术领域进入大众传播的短语一样，短语的使用也存在着重大的误解。但这并不是公众不理解科学家的经典案例，在这里，科学家常常和公众一样困惑不解。我们的时代不知何故出现了一种硅智能，这种智能可以与我们的竞争对手相媲美，这种想法让我们所有人都感到同样的兴奋和恐惧。不幸的是，它分散了我们的注意力。

有一个不同的叙述，可以告诉我们当前的时代。考虑一下下面的故事，它涉及到人类、计算机、数据和生死抉择，但重点不是硅幻想中的智能。14年前我的配偶怀孕时，我们做了超声波检查。房间里有个遗传学家，她指出了胎儿心脏周围的一些白点。“这些是唐氏综合症的标志，”她指出，“现在你的风险已经上升到了20分之一。”她进一步告诉我们，我们可以通过羊膜穿刺术了解胎儿是否真的有唐氏综合症的遗传修饰。但是羊膜穿刺术是有风险的，在手术过程中杀死胎儿的风险大约是1/300。作为一名统计学家，我决心找出这些数字的来源。长话短说，我发现十年前在英国做过一项统计分析，在英国，这些反映钙积累的白斑确实被确定为唐氏综合症的预测因子。但我也注意到，我们测试中使用的成像机器每平方英寸的像素数比英国研究中使用的机器多几百个。我回去告诉遗传学家，我相信这些白点很可能是假阳性，它们实际上是“白噪音”。她说：“啊，这就解释了为什么我们几年前开始看到唐氏综合症诊断上升的原因；这是新机器出现的时候。”

我们没有做羊膜穿刺术，几个月后一个健康的女孩出生了。但这件事困扰着我，特别是在一个粗略的计算使我确信，全世界有成千上万的人在同一天得到了这个诊断，其中许多人选择了羊膜穿刺术，还有一些婴儿不必要地死亡。这件事日复一日地发生，直到它以某种方式得到修复。这件事暴露出的问题并不是我个人的医疗保健；而是一个医疗系统，它可以测量不同地点和时间的变量和结果，进行统计分析，并利用其他地点和时间的结果。问题不仅在于数据分析本身，还在于数据库研究人员所称的“出处” - 广义而言，数据是从哪里产生的，从数据中得出了什么样的推论，这些推论与当前形势有多大关联？虽然一个受过训练的人可能能够在个案的基础上解决所有这些问题，但问题是设计一个行星级的医疗系统，在不需要如此详细的人类监督的情况下就可以做到这一点。

我也是一名计算机科学家，我突然想到，在我的教育中找不到建立这类行星尺度推理和决策系统所需的原理，将计算机科学与统计学结合起来，并考虑到人类的效用。我突然想到，不仅在医学领域，而且在商业、交通和教育等领域，都需要这些原则的发展，这些原则的发展至少与建立能够让我们眼花缭乱的游戏或感觉运动技能的人工智能系统的发展同等重要。

无论我们是否很快就开始了解“智能”，我们都面临着一个重大的挑战，那就是如何将计算机和人类结合起来，从而改善人类的生活。虽然这一挑战被一些人视为屈从于“人工智能”的创造，但也可以更平淡无奇地将其视为创造了一个新的工程学分支。就像过去几十年的土木工程和化学工程一样，这门新学科的目标是将一些关键思想的力量集中起来，为人们带来新的资源和能力，并安全地这样做。土木工程和化学工程建立在物理和化学的基础上，而这门新的工程学科将建立在上个世纪赋予“信息”、“算法”、“数据”、“不确定性”、“计算”、“推理”和“优化”等概念实质内容的思想上。此外，由于这门新学科的大部分重点将放在来自和关于人类的数据上，因此它的发展将需要社会科学和人文科学的视角。

虽然构建块已经开始出现，但是将这些块组合在一起的原则还没有出现，因此这些块目前正在以特别的方式组合在一起。

因此，正如人类在土木工程出现之前建造建筑物和桥梁一样，人类正在进行涉及机器、人类和环境的社会规模、推理和决策系统的建造。正如早期的建筑和桥梁有时会以不可预见的方式倒塌，并产生悲惨的后果一样，我们早期的许多社会规模推理和决策系统已经暴露出严重的概念缺陷。

不幸的是，我们不太善于预测下一个出现的严重缺陷是什么。我们缺少的是一门工程学科及其分析和设计原理。

目前关于这些问题的公开对话经常使用“人工智能”作为一种智力通配符，这使得人们很难对新兴技术的范围和后果进行推理。首先，让我们更仔细地考虑一下“人工智能”是指什么，无论是最近还是历史上。

今天被称为“人工智能”的大部分，特别是在公共领域，是过去几十年来被称为“机器学习”（ML）的东西。ML是一个算法领域，它融合了统计学、计算机科学和许多其他学科（见下文）的思想，设计处理数据、做出预测和帮助做出决策的算法。就对现实世界的影响而言，ML是真实的，而不仅仅是最近。事实上，在20世纪90年代初，ML将发展成为大规模的产业关联已经很明显，到本世纪初，亚马逊等前瞻性公司已经在其整个业务中使用ML，解决欺诈检测和供应链预测中的关键任务后端问题，以及建立面向消费者的创新服务，如推荐系统。随着数据集和计算资源在接下来的20年里迅速增长，很明显，ML将很快不仅为Amazon提供动力，而且基本上为任何一家决策可能与大规模数据相关的公司提供动力。新的商业模式将会出现。“数据科学”一词开始被用来指代这一现象，反映了ML算法专家与数据库和分布式系统专家合作建立可扩展、健壮的ML系统的需要，反映了由此产生的系统的更大的社会和环境范围。

在过去的几年里，这种思想和技术趋势的融合被重新命名为“人工智能”。这一品牌重塑值得一些审视。

从历史上看，“人工智能”一词是在20世纪50年代末发明的，指的是在软件和硬件上实现一个拥有人类智能的实体的强烈愿望。我们将用“模仿人类的人工智能”来指代这一愿望，强调人工智能实体似乎应该是我们中的一员，如果不是身体上的，至少是精神上的（无论这意味着什么）。这在很大程度上是一项学术事业。虽然相关的学术领域，如运筹学，统计，模式识别，信息理论和控制理论已经存在，并且往往是灵感来自人类的智慧（和动物智力），这些领域被认为是集中在“低水平”的信号和决策。比如说，松鼠感知它所生活的森林的三维结构，并在树枝间跳跃的能力，对这些领域都有启发作用。“人工智能”的本意是关注一些不同的东西，即人类“理性”和“思考”的“高级”或“认知”能力。然而，60年后，高级的推理和思考仍然难以捉摸。现在被称为“人工智能”的发展主要出现在与低层次模式识别和运动控制相关的工程领域，以及统计学领域，该学科的重点是在数据中发现模式，并作出有根据的预测、假设和决策的检验。

实际上，著名的“反向传播”算法在20世纪80年代早期被大卫·鲁梅尔哈特重新发现，现在被视为所谓“人工智能革命”的核心，“第一次出现在控制理论领域是在20世纪50年代和60年代，它的早期应用之一是优化阿波罗飞船向月球的推进。

自20世纪60年代以来，已经取得了很大的进步，但可以说，这并不是来自于对人类模仿人工智能的追求。相反，就像阿波罗飞船一样，这些想法常常被隐藏在幕后，成为研究人员专注于具体工程挑战的手工工作。虽然一般公众看不到，但在文档检索、文本分类、欺诈检测、推荐系统、个性化搜索、社交网络分析、规划、诊断和A/B测试等领域的研究和系统建设取得了重大成功 - 这些都是推动诸如谷歌、Netflix、Facebook和亚马逊。

人们可以简单地同意将所有这些称为“人工智能”，而事实上，这似乎就是已经发生的事情。这样的标签可能会让优化或统计研究人员感到惊讶，他们醒来后发现自己突然被称为“人工智能研究人员”。但是，撇开标签不谈研究人员，更大的问题是使用这一单，首字母缩略词定义不清，妨碍了对知识和商业问题范围的清晰理解。

在过去的二十年里，工业界和学术界取得了重大进展，对人类模仿性人工智能（通常被称为“智能增强”（IA））产生了互补的渴望。在这里，计算和数据被用来创建增强人类智能和创造力的服务。搜索引擎可以被看作是IA（它增强了人类的记忆和事实知识）的一个例子，自然语言翻译（它增强了人类的交流能力）也是如此。基于计算机的声音和图像生成为艺术家提供了调色板和创造力增强剂。虽然这类服务可能涉及到高级的推理和思考，但目前它们并没有 - 它们大多执行各种字符串匹配和数值运算，以捕获人类可以利用的模式。

希望读者能容忍最后一个首字母缩略词，让我们宽泛地设想一个“智能基础设施”（II）的学科，通过这样一系列计算、数据和物理实体的存在，使人类的环境更具支持性、趣味性和安全性。这种基础设施正开始出现在交通、医药、商业和金融等领域，对个人和社会产生了巨大影响。这种现象有时会出现在关于“物联网”的对话中，但这种努力通常指的只是把“物”放到互联网上的问题，而不是与这些“物”相关联的更大的一系列挑战，这些挑战能够分析这些数据流以发现有关世界的事实，与人类和其他“事物”在一个更高的抽象层次上进行交互，而不仅仅是一点点。

例如，回到我的个人轶事，我们可以想象生活在一个“社会规模的医疗系统”中，它在医生和位于人体内部和周围的设备之间建立数据流和数据分析流，从而能够帮助人类智能进行诊断和提供护理。该系统将包含来自人体细胞、DNA、血液测试、环境、人群遗传学以及大量药物和治疗方面的科学文献的信息。它不仅关注一个病人和一个医生，还关注所有人之间的关系，正如目前的医学测试允许在一组人（或动物）身上进行的实验被带到其他人的照管中。这将有助于保持相关性、出处和可靠性的概念，就像目前的银行系统关注金融和支付领域的这些挑战一样。而且，虽然可以预见在这样一个系统中会出现许多问题，包括隐私问题、责任问题、安全问题等，但这些问题应该被恰当地视为挑战，而不是阻碍。

我们现在面临一个关键问题：研究经典的仿人人工智能是解决这些更大挑战的最好方法还是唯一方法？事实上，最近一些最受欢迎的ML成功案例都出现在与人类模拟人工智能相关的领域，如计算机视觉、语音识别、游戏和机器人技术。因此，或许我们应该等待在这类领域取得进一步进展。这里有两点要说明。首先，虽然人们从报纸上看不到，但人类模仿人工智能的成功实际上是有限的，我们离实现人类模仿人工智能的愿望还很远。不幸的是，在模仿人工智能方面取得有限进展所带来的兴奋（和恐惧）导致了过度繁荣和媒体的关注，这在其他工程领域是不存在的。

第二，更重要的是，这些领域的成功既不足以也不必要解决重要的内部审计和内部审计问题。在充分性方面，考虑自动驾驶汽车。为了实现这种技术，需要解决一系列与人类能力（或人类缺乏能力）关系不大的工程问题。整体运输系统（一个II系统）可能更接近于当前的空中交通控制系统，而不是当前松散耦合、面向前方、注意力不集中的人类驾驶员的集合。它将比目前的空中交通管制系统复杂得多，特别是在使用大量数据和自适应统计建模来通知细粒度决策方面。正是这些挑战需要站在最前沿，在这样的努力中，关注人类模仿人工智能可能会分散注意力。

至于必要性论证，有时有人认为，人类模仿的人工智能愿望包含了IA和II愿望，因为人类模仿的人工智能系统不仅能够解决人工智能的经典问题（具体体现在图灵测试中），而且也是我们解决IA和II问题的最佳选择。这样的论点几乎没有历史先例。土木工程是通过设想创造一个人工木匠还是砖匠而发展起来的？化学工程是否应该以创造一个人工化学家的方式来构建？更具争议性的是：如果我们的目标是建立化工厂，我们是否应该先建立一个人工化学家，然后研究如何建立化工厂？

一个相关的论点是，人类的智力是我们所知道的唯一一种智力，我们应该把模仿它作为第一步。但事实上，人类并不擅长某些推理，我们有自己的缺点、偏见和局限性。此外，至关重要的是，我们没有进化到执行现代II系统必须面对的那种大规模决策，也没有进化到处理II环境中出现的那种不确定性。有人可能会说，人工智能系统不仅会模仿人类的智能，而且会“纠正”它，还会扩展到任意大的问题。但我们现在正处于科幻小说的领域，这样的思辨性论据虽然在小说的背景下很有娱乐性，但不应成为我们面对开始出现的关键IA和II问题而采取的主要策略。我们需要根据各自的优点来解决IA和II问题，而不仅仅是人类模仿人工智能议程的必然结果。

在II系统中，不难发现算法和基础设施的挑战，而II系统并不是人类模拟人工智能研究的中心主题。II系统需要管理快速变化且可能在全球范围内不连贯的分布式知识库的能力。这样的系统在做出及时的分布式决策时必须处理云边缘的交互，并且必须处理长尾现象，即某些人的数据很多，而大多数人的数据很少。它们必须解决跨行政和竞争边界共享数据的困难。最后，尤其重要的是，II系统必须将激励和定价等经济理念纳入将人与人和有价值的商品联系起来的统计和计算基础设施领域。这类II系统不仅可以被视为提供服务，而且可以被视为创造市场。有些领域，如音乐、文学和新闻业，迫切需要出现这样的市场，数据分析将生产者和消费者联系起来。这一切都必须在不断发展的社会、道德和法律规范的背景下进行。

当然，经典的仿人人工智能问题仍然是人们关注的焦点。然而，目前对人工智能研究的关注主要集中在通过收集数据、部署“深度学习”基础设施和演示系统来模拟某些狭义的人类技能，而很少出现解释性原则，这往往会转移人们对经典开放问题的注意力人工智能。这些问题包括需要将意义和推理引入执行自然语言处理的系统，需要推断和表示因果关系，需要开发计算上可处理的不确定性表示，以及需要开发制定和追求长期目标的系统。这些都是人类模仿人工智能的经典目标，但在当前关于“人工智能革命”的喧嚣中，人们很容易忘记它们还没有解决。

IA也将是非常重要的，因为在可预见的未来，计算机在抽象地推理现实世界的能力方面将无法与人类相匹敌。我们需要经过深思熟虑的人机交互来解决我们最紧迫的问题。我们希望计算机能激发人类创造力的新水平，而不是取代人类的创造力（不管这意味着什么）。

约翰·麦卡锡（当时是达特茅斯大学的一名教授，不久将在麻省理工学院任职）创造了“人工智能”这个词，显然是为了区分他萌芽的研究议程和诺伯特·维纳（当时是麻省理工学院的一名老教授）的研究议程。维纳创造了“控制论”，指的是他自己对智能系统的看法，这种看法与运筹学、统计学、模式识别、信息理论和控制理论密切相关。另一方面，麦卡锡强调了与逻辑的联系。一个有趣的逆转是，在麦卡锡术语的旗帜下，维纳的思想议程在当今时代占据了主导地位。（然而，这种情况肯定只是暂时的；人工智能中的钟摆摆动比大多数领域都要大。）

但我们需要超越麦卡锡和维纳的特定历史视角。

我们需要认识到，当前关于人工智能的公开对话，集中在一个狭隘的行业子集和一个狭隘的学术子集上，有可能使我们对人工智能、智能分析和智能二的全部范围所带来的挑战和机遇视而不见。

这个范围不是关于实现科幻梦想或超级人类机器的噩梦，更多的是关于人类需要理解和塑造技术，因为它在日常生活中变得越来越现实和有影响力。此外，在这种理解和塑造中，需要来自各行各业的各种声音，而不仅仅是技术协调者之间的对话。把注意力狭隘地集中在模仿人类的人工智能上，会阻止适当范围的声音被听到。

虽然工业将继续推动许多发展，但学术界也将继续发挥重要作用，不仅在提供一些最具创新性的技术理念方面，同时也将计算和统计学科的研究人员与其他学科的研究人员聚集在一起，这些学科的贡献和观点是非常需要的，尤其是社会科学、认知科学和人文科学。

另一方面，虽然人文和科学在我们前进的过程中是必不可少的，但我们也不应假装我们所说的是一种规模和范围空前的工程努力，社会正致力于建造新的人工制品。这些工件应该按照声明的方式构建。我们不想建立帮助我们进行医疗、交通选择和商业机会的系统，以便在这些系统没有真正发挥作用之后发现它们所犯的错误给人类的生命和幸福带来了损失。在这方面，正如我所强调的，对于以数据为中心和以学习为中心的领域，还有一门工程学科尚未出现。尽管后一个领域看起来令人兴奋，但它们还不能被视为构成工程学科。

此外，我们应该接受这样一个事实：我们所看到的是一个新的工程分支的创建。“工程”一词在学术界和其他领域经常被狭义地称为“冷冰冰、毫无感情的机器”和“人类失去控制”的负面含义。但工程学科可以是我们想要的。

在当今时代，我们有一个真正的机会去构思一个历史上新的以人为中心的工程学科。

我将拒绝给这个新兴的学科命名，但是如果缩写词“a I”继续被用作占位符命名法，让我们意识到这个占位符的真正局限性。让我们拓宽视野，淡化炒作，认清未来的严峻挑战。

迈克尔乔丹

致谢：在撰写本文期间，有许多人的评论对我帮助很大，包括杰夫•贝佐斯、戴夫•布莱、罗德•布鲁克斯、凯瑟琳•卡森、汤姆•迪泰里奇、查尔斯•埃尔坎、奥伦•埃齐奥尼、大卫•赫克曼、道格拉斯•霍夫斯塔特、迈克尔•卡恩斯、塔米•科尔达、埃德•拉佐夫斯卡、约翰•马尔科夫、埃丝特•罗尔夫，马贾·马塔里克、迪米特里斯·帕皮利奥普洛斯、本·雷赫特、西奥多罗斯·雷卡西纳斯、芭芭拉·罗萨里奥和伊恩·斯托伊卡。我还要特别感谢众议院的卡梅伦·巴拉达尔，他首先鼓励我考虑写这样一篇文章。

简介：迈克尔乔丹是加州大学伯克利分校计算机科学和统计学教授。他在计算、推理、认知和生物科学领域工作了30多年，先是在加州大学圣地亚哥分校读研究生，然后是麻省理工学院和伯克利分校的教员。他最近在伯克利的一家风险基金和加速器公司AI@The House担任教员合伙人和联合创始人。该基金的目的不仅是支持人工智能活动，而且也是支持智能和智能活动，并在一个不仅包括工程学科，而且还包括社会科学、认知科学和人文科学观点的大学环境中这样做。