

数字孪生脑

让人工智能『自己思考』

本报记者 张炯强

能不能做成一个像我们人类一样的大脑——“人工脑”，这个科幻世界的事物正走向现实。它也是人工智能的一大目标。

人类思维的物质载体是大脑，组成人脑的神经细胞数量上千亿，与银河系星体总数相当；而作为神经细胞的连接点“突触”数量，又是神经细胞的1000倍，达到10的14次方。正是这些庞大数字的细胞构成的神经环路和网络，使人类得以产生感觉、形成意识、能学习记忆，拥有思维和认知能力。大脑神经环路在发育过程中是如何形成的，又如何实施功能，长期以来是未解之谜。因而，脑科学被称为人类理解自然现象和人类本身的终极疆域。从医学角度来看，认识脑的发育形成和工作原理对于维护脑健康、治疗众多复杂的大脑疾病具有关键意义。

“人机相通”促进AI研发

近年来，AI热潮又将脑科技推向了全球竞争的一个新高峰。人脑工作原理有其显著的特点和优势，借鉴这些特殊的工作原理，科学家们正在设计出精巧的、具有强大学习和运算能力的机器或计算机算法。脑科学研究成果将促进人工智能等技术的研发，这一领域的研究突破将引领新一轮科技革命，使经济社会发展呈现崭新的局面。

人工智能发展至今，最大的瓶颈是什么？复旦大学类脑智能科学与技术研究院院长冯建峰曾介绍：“现在的人工智能，仍停滞于机器的概念。也就是机器人拥有的本领，都是人们赋予的。很快，我们要破解更多大脑的秘密，让人工智能‘自己思考’。”

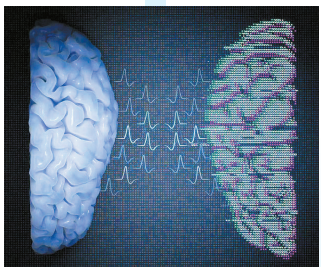
仅仅依靠大数据、计算机技术支持的人工智能是有缺陷的，像我们熟知的人脸识别、无人驾驶等技术，往往会出现大数据没有采集到的“盲点”；人脑则不同，总会在关键时刻灵光一现、随机应变。因此，真正的人工智能是人机相通的产物。

类脑研究的突破与挑战

建院10年，复旦类脑研究院正在探索未来人工智能突破点，破解大脑奥秘。理解大脑的结构与功能是21世纪最具挑战性的前沿科学问题，谁揭开大脑运作的秘密面纱，谁就在全世界智能产业革命中抢占了先机。

位于浦东张江的复旦类脑研究院，是一幢中部下沉庭院，外表建筑如一把从中升起的大伞，“伞”纵横交错的纹理，就像大脑的纹路。在这里，冯建峰和诸多科研团队正在破解一个个“脑奥秘”：比如，研究发现，人脑前额叶和枕叶区的灰质体积越小，多动症的症状越严重。人们的许多生理行为均与大脑有关，通过大脑的惩罚与奖赏机制，可以寻找到根源所在。那么，未来的人工智能是否也能受到惩罚与奖赏机制的影响，变得更为有效呢？冯建峰指出，“它为实现人工智能的‘自我思考’奠定基础。”

近50年前，美国科幻片《未来世界》让人们见识了拥有“人脑”的机器人厉害及可怕之处。时至今日，各式各样的机器人已经无处不在，但是，仍没能看到人工智能中的“思考者”。让人工智能有“人味”，这是全球科技竞争的最前沿，也是当下复旦类脑研究院全力进取的方向。



■ 数字孪生脑示意图：通过计算机系统模拟生物大脑的结构与功能

智慧革命风暴已来 “意念控制”渐成现实

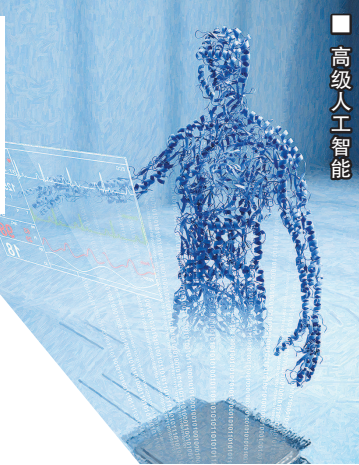
复旦大学大数据学院院长、复旦大学类脑智能科学与技术研究院院长 冯建峰
复旦大学类脑智能科学与技术研究院 副院长 谢小华 研究员 单洪明

人工智能的起源，可以追溯到二十世纪五十年代，当第一批计算机科学家试图用程序再现思维时，他们的灵感其实就来自对人脑工作原理的探索。无论是最早的神经网络模型，还是今天风靡的大模型，本质上都是“类脑”的尝试。随着信息科学、神经科学和医学的迅猛发展，类脑智能逐渐从一个抽象的概念，成为重大科学前沿与战略新兴产业的关键方向。

2015年，中国科学家就对脑科学与类脑研究在中国“一体两翼”的部署达成了初步共识，即以阐释人类认知的神经基础（认识脑）为主体和核心（即“一体”），同时展现“两翼”：其中一翼是大力加强预防、诊断和治疗脑重大疾病的研究（保护脑）；另一翼是在大数据快速发展的背景下，受大脑运作原理及机制的启示，通过计算和系统模拟推进人工智能

的研究（模拟脑）。

复旦大学类脑智能科学与技术研究院（以下简称“类脑院”）正是这一国家战略的重要力量，立足国家需求，聚焦学科前沿，系统性解决脑科学和类脑智能发展的重大问题。研究院在“认识脑、保护脑、模拟脑”三大主线的引领下，正通过“基础科学突破、关键技术研发、临床医学应用、产业转化落地”四个面向协同发力，



■ 高级人工智能

致力于成为中国脑科学和类脑智能跨越式发展的核心引擎。

认识脑

从基因到行为，揭示大脑奥秘

认识脑，是类脑研究的第一步。复旦类脑研究院通过跨尺度研究，从基因、蛋白、神经环路、脑功能、行为模式到环境因素，系统研究大脑的结构与功能，努力回答人类千百年来的根本问题：我们的大脑是如何运作的？大脑的智能是如何产生的？

在基因与遗传层面，研究团队通过高通量测序与人工智能算法结合，解析神经系统相关的关键基因变异，为神经疾病靶向治疗提供了新的工具。在宏观层面，他们利用先进的成像技术绘制出脑区之间的联结图谱，揭示大脑网络化组织的秘密。而在行为研究中，团队发现了社交、阅读、屏幕使用时间、饮食、睡眠等方面与脑健康的内在联系，揭示了它们与脑功能

的因果关联，为睡眠障碍、抑郁症、成瘾等疾病的防治提供了依据和一些实验验证。

为了进一步推动对脑的认识，在上海市重大专项的支持下，类脑研究院建设了亚洲规模最大、设备最先进的科研脑成像平台——复旦张江国际脑影像中心，拥有涵盖小动物和人体的全套磁共振成像设备系统，包括亚洲第一台高场人体磁共振MAGNETOM Terra 7T系统、世界第四台人类脑连接组计划定制超高梯度场强3T Connectom磁共振系统、临床型高端MAGNETOM Prisma 3T磁共振系统、BioSpec 11.7T超高场小动物磁共振系统，采集了17000余例全维度、多病种的中国人群脑科学队列，为实现对大脑的结构和功

能“看得见”“看得清”“看得全”奠定了研究基础。

在深化对大脑的理解过程中，复旦类脑院与国内多家科研和临床机构合作，建立了医工交叉研究团队，在脑机制解析和脑功能解码方面取得一系列重要突破。研究团队全面绘制了人类健康与疾病血浆蛋白质组图谱，并结合人工智能与大数据方法，建立疾病预测与诊断模型。这一研究不仅揭示了蛋白质与健康、疾病之间的复杂关系，还发现了26个全新的药物治疗靶点。它为精准医疗和新药开发提供了坚实的科学依据，也进一步加深了人类对大脑乃至全身健康状态的系统性认识。可以说，蛋白质组学的突破，让“认识脑”不再局限于神经元与网络的层面，而是拓展到分子与系统的深层次，为脑科学研究开辟了新的疆域。

保护脑

从疾病诊断到精准干预

认识脑是起点，保护脑才是落脚点。随着人口老龄化和社会节奏的加快，脑疾病已经成为威胁人类健康的主要挑战之一。阿尔茨海默病、帕金森病、抑郁症、中风等，不仅影响患者个人生活质量，也给社会和家庭带来沉重负担。复旦类脑院将脑疾病的诊断与干预作为研究重点之一，在早期发现和精准治疗方面取得突破。

在脑疾病诊断方面，研究团队开

发了多模态成像与人工智能算法结合的方法，能够更早期、更精准地识别阿尔茨海默病和抑郁症的生物标志物。这种方法不仅提高了诊断的灵敏度和特异性，还为临床个性化干预提供了可能。同时，基于大数据的风险预测模型正在为神经退行性疾病等高危人群筛查提供帮助。

注重成果的临床转化，由类脑院孵化的脑玺（上海）智能科技有限公司

研发了F-Stroke脑卒中人工智能辅助诊断系统，能够在数分钟内自动分析头颅CT影像，快速识别出血和缺血性病灶的位置与范围，并为医生提供量化分析报告。这一系统已在全国多家三甲医院应用，辅助医生在卒中救治“黄金四小时”内做出更快、更精准的诊断，大幅提升了救治效率。F-Stroke的落地，标志着复旦类脑研究成果正在从实验室走向病房，为患者的康复争取了时间，也为我国脑卒中防治体系的完善提供了有力支撑。

模拟脑

人工智能与脑机接口的未来

如果说认识脑是理解世界，保护脑是守护生命，那么模拟脑就是人类智慧的再造。复旦类脑院在这一方向上率先取得了里程碑式成果——全球首个全脑规模数字孪生脑平台。该平台通过在千亿级神经元和百万亿突触层面上重建大脑的结构与功能，实现了大脑运行的虚拟化。它能够在计算机中再现神经活动的复杂动力学，不仅与真实脑电和影像数据高度吻合，还可以在模拟临床实验中预测特定干预的

效果。

与数字孪生脑相辅相成的，是在脑机接口技术上的革命性突破。类脑院率先提出了全球首创的“三合一”脑脊接口方案，通过在大脑与脊髓之间搭建“神经桥”，成功让瘫痪患者重新站立和行走。这一方案采用微创手术，仅需4小时即可同步完成脑部和脊髓电极植入，结合轻量级人工智能算法进行运动意图解码，患者在术后24小时便恢复了腿部运动。已有4例严重脊髓损伤患者成功实施概念验证手术，标志着脊髓损伤治疗进入“神经功能重建”的新时代。

复旦大学类脑院以“认识脑、保护脑、模拟脑”为主线，构建了完整的“类脑智能”科学探索与产业应用链条。

在认识脑方面，他们通过多尺度研究与蛋白质组学图谱的建立，深化了对大脑结构与功能的理解；在保护脑方面，他们推动脑疾病早期诊断和精准干预，为人类健康筑起了新的防线；在模拟脑方面，他们不仅建成了全球首个全脑规模的数字孪生脑，还通过脑脊接口技术实现了让瘫痪者获得重新行走能力的医学突破。

未来，类脑智能的前沿探索将与产业发展深度融合。在生物医药领域，它将推动药物研发和个性化治疗；在脑机接口方面，它将帮助更多患者恢复失去的功能，让“意念控制”从科幻走进现实；在具身智能方向，它将为机器人与智能系统赋予更自然的认知与行动能力，推动新一轮产业变革。可以预见，类脑智能不仅是科学研究的前沿，更是产业未来的重要引擎。