

Kwabena Boahen 手握着其神经网络设备中的神经形态回路板。  
图片来源:(自然)

# 有一种计算机叫“大脑”

## 模拟人脑的神经形态计算方式渐成学界热点

1982年,Kwabena Boahen 得到了他的第一台电脑,那时他还是住在加纳阿克拉的一个十几岁的少年。“那真是一台很酷的机器。”他回忆道。在观察电脑如何工作时,他本能地感觉到,电脑需要在设计中多一些“非洲”的感觉:更加分散、流动性更强和更少的刚性。

如今,作为美国加利福尼亚斯坦福大学的一名生物工程师,Boahen 和其他一些研究人员正在试图通过大脑的逆向工程来创造这种计算模式。

大脑的运行十分高效节能,可以进行足以挑战世界最大的超级计算机的运算,尽管它所依赖的组件并不完美:神经元是缓慢、多变且混乱的。理解语言、进行抽象推理、控制运动——这些大脑都能做到,而且都发生在一个比鞋盒还小的区域内,比家用灯泡的功耗还小。

为了使硅也能实现如此的功能,研究人员正在构建非数字芯片系统,并尽可能地使其功能与真正的神经网络相似。几年前,Boahen 完成了一个叫作神经网络的装置,可模拟一百万个神经元——相当于一只蜜蜂的大脑。如今,经过 25 年的发展,“神经形态技术”的应用终于胜利在望。该技术有望支持低功耗和小体积的设备,从智能手机、机器人到人工眼睛和耳朵。过去 5 年里,不错的前景已经吸引了很多研究人员投身该领域,美国和欧洲的机构也已成为此投入数亿美元。

瑞士苏黎世神经信息学 (INI) 研究所的 Giacomo Indiveri 认为,神经形态设备也为神经科学家提供了一个强大的研究工具。通过观察神经功能的哪些模型可以在实际物理系统使用,“人们就能了解大脑为何会按照这种方式建立”。

“我的目标是一种新的计算模式,”Boahen 说,“即使在组件过于小的情况下也可以运算。”

### 硅网络

神经形态的观点可以追溯到 20 世纪 80 年代 Carver Mead 的想法。Mead 是加州理工学院微电子设计方面的先驱。他发明了“神经形态”这一术语,并且是首位强调大脑巨大节能优势的学者。“我感受到了其中的魅力。”他说,“究竟大脑是如何做到的呢?”

Mead 探究这一问题的策略是使用“亚阈值”硅来模拟大脑的低功耗处理过程。在特别小的电压下,仍然有微小的、不规则的电子细流通过晶体管,其与神经元通道中流动的离子所携带的电子流的大小和可变性相似。Mead 认为,通过微观电容器、电阻器和其他组件可以控制这些电流,因此该装置也许能做到与真正的神经元一样形成微小的电路,并有相同的电学性能。它们可以在与大脑中真实的神经电路十分相似的分散网络中被连接起来,进而在各组件间产生通信线路,而不再通过中央处理器。

20 世纪 90 年代,Mead 和同事已经发现建立一个硅神经网络是可能的,其电流和电压不限于传统芯片中的几个离散的值。它模拟了大脑低功耗运行的关键点:与大脑一样,硅神经元使用了非常小的能量来简单地集成输入。而一个传统计算机需要持续的能源来运行内部的时钟,无论芯片是否正在运算。

### 研发挑战

Boahen 于 1990 年加入了 Mead 的实验室。

他说,在最初的时期,研究人员都忙于研究单芯片设备。不过到 20 世纪 90 年代末,“我们希望建立一个‘大脑’,因此需要大规模的芯片间通信。”这是一个巨大的挑战:芯片间通信的标准编码算法都是专门为精确协调数字信号而设计的,不会在有更多随机尖峰脉冲的神经形态系统下工作。

21 世纪初,Boahen 和其他研究人员发明了在这种混乱系统下运行的电路和算法,为大规模神经形态系统的一系列发展开辟了道路。

“就效率而言,Boahen 的神经网络与大脑的神经网络十分相似,遥遥领先于其他大规模的神经形态系统。”INI 联合创始人、硅神经元的协作开发者 Rodney Douglas 评价道。

不过正如 Boahen 自己所说的那样,没有什么系统是完美的。神经网络最大的缺点之一是其突触连接简单,不能单独修改。这意味着该系统不能用于模拟学习,而在大脑中,通过经验修改突触后就能实现这一切。

另一个问题来自制造过程中不可避免的变化,这意味着每个神经形态芯片的运行都略有不同。“其变化性还是远远低于在大脑中所观察到的情况。”Boahen 说。

这一问题导致一些研究人员抛弃了 Mead 使用“亚阈值”硅芯片的最初想法。他们使用严格意义上仍有神经形态性的传统数据系统——可以模拟单个神经元的电学性能,但其可预测性更强,更易编程,而代价是耗能更多。

### 实际应用

这些研究性项目的成功引发了人们对将神经形态硬件应用于实用的、超低功耗设备(从手

“我的目标是一种新的计算模式。”

机到机器人)的兴趣。

而 Boahen 则正在追求他自己的实际应用方法,这从他在 4 月开始的一个尚未命名的计划中就可以明显看出。该项目基于人工大脑 Spaul: 一个大脑的计算机模型,包括负责视觉、运动和决策的部分。Spaul 依赖于 10 年前由加拿大滑铁卢大学理论神经科学家 Chris Eliasmith 开发的神经网络编程语言。用户只需指定所需的神经功能,Eliasmith 的系统就会自动射击神经网络来实现该功能。

Boahen 与 Eliasmith 联系后,向他介绍了自己的提议:使用实时神经形态硬件构建一个物理版的 Spaul。“我非常兴奋。”Eliasmith 说。在他看来,这样的匹配是完美的,“你们有花生酱,而我们有巧克力”!

美国海军研究办公室为他们提供了资金,Boahen 和 Eliasmith 已经召集了一个团队,计划在 3 年内建立一个小规模的原型,并在 5 年内建立一个全面的系统。

该系统是专门为现实世界的应用而设计的。Boahen 称,在 5 年的时间内,“我们设想构建完全自主的机器人,它们可以用一种有意义的方式与环境互动,并在仅消耗像手机电池一样多的电量的前提下,完成实时操作。这种设备会比今天的自动机器人更加灵活,并拥有更强的适应性,同时消耗非常少的能量。”

Boahen 补充称,更长期来看,该技术将用于任何计算机系统更为紧凑和低功耗的处理器,而不仅仅是机器人。如果研究人员真的已经成功捕捉到了令大脑如此高效和紧凑的关键因素,那么这将是需要更微小芯片的产业的福音。

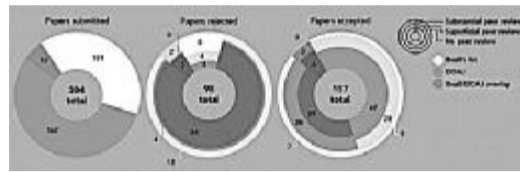
“但我们并不能确定。”Boahen 说,“除非去尝试。” (张冬冬)

## 科学线人

全球科技政策新闻与解析

## 政事

# 开放获取出版公司因接受虚假论文遭处罚



今年 10 月,《科学》杂志的一篇报道指出,OASPA 的一些成员杂志接受虚假论文。  
图片来源:C. Smith/《科学》

11 月 11 日,开放获取学术出版商协会(OASPA)宣布,将终止出版商 Hikari 有限公司和 Dove 医学出版社的会员资格,并对 SAGE 出版社的会员资格进行 6 个月的审查。这件事情是由不久前《科学》杂志发表的一个新闻调查报道引发的。

上个月,记者 John Bohannon 的一篇报道引发了广泛讨论。他记录了一些 OASPA 成员杂志接受论文手稿的宽松标准,发现许多免费期刊会接受虚假和有明显漏洞的研究论文。

最初,OASPA 发表声明指出,Bohannon 的报道“提供了一些与低质量出版商有关的数据”,并承诺“在更详细地核查数据后,会作出更全面的回应”。

在 11 日的声明中,OASPA 表示,通过审查发现了一些严重问题,需要对接受虚假论文的 3 个期刊采取行动,包括保加利亚 Hikari 有限公司的《临床与实验医学科学》;在美国和英国都设有办公室的 Dove 医学出版社的《药物设计、开发与疗法》;以及美国加州 SAGE 出版社的《国际医学研究杂志》。

OASPA 在声明中写道:“这三个期刊在编辑过程中缺乏足够的严谨,Hikari 和 Dove 的问题影响更为广泛。尽管我们因为《科学》的一篇新闻报道而不幸产生了一些会员的资格,但是积极的影响也会由此产生。”

在一篇声明中,SAGE 称:“我们欢迎 OASPA 对其会员发表的研究的质量调查,并将会在 6 个月的审查中全力配合。我们已经采取措施保证《国际医学研究杂志》的同行评审程序更加健全,并对于 OASPA 所调查的内容很有自信。” (苗妮)

## 人事

# 阿拉法特之死扑朔迷离



亚西尔·阿拉法特  
图片来源:CHRIS HONDROS/GETTY IMAGES

对巴勒斯坦前领导人亚西尔·阿拉法特尸骨样本的调查探测出高剂量放射性物质钚-210,再次引发了阿拉法特可能是中毒身亡的猜测。

“该调查结果‘适度’支持了阿拉法特中毒身亡的说法。”瑞士洛桑大学法律医学中心主管 Patrice Mangin 说。

近日公布的调查结果尽管清晰详尽,却没有得出任何确定的结论。“我不认为这份报告将会平息一直以来争论。”英国萨里大学核物理学家 Patrick Regan 说。

2004 年 11 月 11 日,阿拉法特在法国巴黎的一家医院逝世,生前曾在医院接受过长达一个月的治疗,并表现出腹痛和呕吐等症状。由于之前没有进行尸体解剖,针对其死因的猜测也甚嚣尘上。2011 年,半岛电视台获得了阿拉法特去世前接受的个人物品,包括牙刷和衣物,委托洛桑市的团队开展调查。

前克格勃官员 Alexander Litvinenko 于 2006 年因钚-210 中毒身亡,该案带给洛桑团队一些启发。钚-210 会释放 α 粒子,使细胞分裂,破坏人体免疫系统,引起器官衰竭。

令人惊奇的是,研究人员果真发现了钚-210。在一条带有阿拉法特尿液痕迹的内裤中发现了 0.181 贝克勒尔的钚-210。2012 年 11 月 27 日,阿拉法特的开棺验尸工作正式开启。研究人员从他的骨骼、裹尸布和坟墓的泥土中提取了样本。

调查结果表明扑朔迷离。有的样本探测出异常高水平的钚-210,但在很多样本中,它们的放射性是属于正常范围的。在有的样本中,钚-210 的含量甚至比钚-210 还高,这意味着钚-210 已经从阿拉法特的骨骼样本中被萃取出来,使得数据分析工作更加困难。Regan 表示,还没有找到能证明他死于中毒的确凿证据。

与此同时,另外两支来自法国和俄罗斯的团队,正致力于研究阿拉法特的组织样本,但还未公布相关实验进展。美国加州劳伦斯伯克利国家实验室应用核物理学负责人 Kai Vetter 说,洛桑团队的分析结果令阿拉法特的死因真相增加了更多的迷雾。(段韵)

# 比小鼠更真实地重现人体遗传条件

## 转基因猴:攻克人类疾病新希望

Anthony Chan 花费了两年时间,首次利用人类基因,通过基因突变方法培育出了 5 只猴子用于研究亨廷顿氏病。但是根据 2008 年的报告,其中 3 只猴子表现出了严重亨廷顿氏病症状,发病速度比预想要快得多,不得不在出生不到一个月时就被终结生命。由于用于产生相关基因的病毒会在实验对象体内随机进行额外复制,这会加重实验对象的病情,这突显了利用动物疾病模型进行研究的缺陷。

Chan 是美国佐治亚州亚特兰大市艾莫利大学的一名遗传学家,如今他和世界各地的科学家都在注视着—项精密的基因编辑技术的发展,即通过酶和 RNA 而非病毒来解决一系列问题。很多人对此事抱有极高的期待,希望转基因猴子能比小鼠更真实地模仿人类遗传条件,从而更好地为药物研发测试创造条件。很多人表示,灵长类动物实验将加速神经科学领域的基础研究,允许研究人员绘制大脑图谱,检测复杂的神经回路。“这是我们以前从未想过的事情。”Chan 说。

下个月,加州拉荷亚市索尔克生物研究所将举办一场研讨会,届时分子生物学家、生物工程师和神经科学家将共同商讨如何解决领域内的一系列难题。“这些研究有巨大的潜力。”索尔克研究所计算神经生物学实验室负责人 Terrence Sejnowski 说。

神经科学家一直渴望培育转基因猴子。由于缺乏灵长类动物的复杂认知和社交能力,诸如自闭症、精神分裂症和阿尔茨海默氏症等疾病不能完全在小鼠身上实现复制。

但是,研究人员一直在锲而不舍地用小鼠进行试验,这主要因为有一种目标基因编辑手段可以在动物体内发挥作用。它依赖于极为罕见的自发的 DNA 交换活动,以改变或关闭某些基因。小鼠干细胞的维持以及筛选花费很低,性成熟周期很短,还会繁殖很多后代。索尔克研



猕猴是灵长类动物中最适合使用基因编辑手段的实验对象。  
图片来源:Rod Williams

究所的神经科学家 Edward Callaway 说:“用老鼠作为实验对象比用猴子便宜多了。”

然而,得益于有效的基因编辑技术,研究者可以对胚胎进行逐一的改造。因此,使用猴子作为实验对象成为了可能。一种方法是使用锌指核酸酶来对特定基因区域进行定向追踪,并对基因进行切割使得研究者可以对其功能进行干扰,或者用外部的 DNA 替代。另一种方法是 CRISPR,利用特制的 DNA 片段来对 DNA 切割酶进行引导,使它能够指定的区域发挥作

用。麻省理工学院 (MIT) 合成生物学家 Feng Zhang 在 5 月展示了 CRISPR 的工作原理:它可以对老鼠胚胎中的多种基因进行精确的突变。Zhang 认为该方法为利用猴子模型研究人类大脑的紊乱问题铺平了道路,因为人类大脑的紊乱也是受多种基因影响的。

MIT 麦戈文脑科学研究所的负责人 Robert Desimone 说:“现在,在灵长类动物身上进行实验成为了可能,这是史无前例的。我们可以在它们身上尝试一些可用于治疗与基因相关

的疾病的方法。”

MIT 的研究者正在与俄勒冈国家灵长类动物研究中心的研究者合作,对 CRISPR 在猴子受精卵上的效果进行测试。他们将令基因失去其原有功能的研究作为开始。MIT 神经科学家 Guoping Feng (Zhang 的同事之一)打算对一种名为 SHANK3 的基因进行干扰,这种基因与某些人类自闭症的案例有关。Zhang 说,如果对基因进行更复杂的改造,例如与另一种不同的基因进行互换,还需要更多的研究和设计。

Zhang 补充道,CRISPR 最终可能会被用于标注猴子特定的神经类型,或者通过光线对这些神经元进行控制,而科学家目前已经能够利用同样的方法对老鼠的神经进行控制。神经科学家尤其希望这些新方法能够获得成功。过去 10 年中,科学家已经开始利用基因工具刺激、抑制或者记录老鼠和苍蝇的神经活动,纽约大学视觉研究者 Anthony Movshon 对此一直保持着关注。但是他认为,在神经科学的一些重要领域,例如认知力、注意力、记忆力以及决策力方面,老鼠和苍蝇不具有很高的研究价值。

这些新进展令人振奋,然而与之相随的却是猴子研究正变得日益艰难。受到来自动物权益活动者的压力,美国联合航空公司于 1 月份宣布停止运输用于研究的猴子,这意味着北美最后一个允许运输灵长类动物的航空公司向研究者关闭了大门。马萨诸塞州新英格兰灵长类动物研究中心,也于 4 月宣布将逐步把该中心的动物转运到其他研究机构,之后会彻底关闭。

尽管存在争议,一些研究者仍认为在探索治愈大脑疾病和探究神经元如何生成意识方面,利用转基因猴子进行研究可能是最好的方法。Movshon 说:“研究者希望实验模型能够与探究的问题相吻合,如果利用老鼠进行根本不适合在它们身上进行的研究才是不道德的。” (段韵涛)