

科学人文

# 制脑者



*How Scientists Are Moving beyond  
Computers to Create a Rival to the Human Brain*

## BRAINMAKERS

创造堪与人脑匹敌的智能

[美] 戴维·弗里德曼著 张陌 王芳博译

*David Freedman*

生活·讀書·新知三联书店

科学人文

# 制脑者



## BRAINMAKERS

*Four Scientists Are Moving beyond Computers to Create a Rival to the Human Brain*

创造堪与人脑匹敌的智能

[美] 戴维·弗里德曼著 张陌 王芳博译

*David Freedman*

生活·讀書·新知 三联书店

## 图书在版编目(CIP)数据

制脑者:创造堪与人脑匹敌的智能/(美)弗里德曼著;  
张陌,王芳博译.-北京:生活·读书·新知三联书店,  
2001.5

(科学人文)

ISBN 7-108-01538-2

I. 制… II. ①弗…②张…③王… III. 人工智能-  
科学研究-概况-世界 IV. TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 09540 号

责任编辑 倪 乐

封面设计 张 红

出版发行 生活·读书·新知三联书店  
(北京市东城区美术馆东街 22 号)

邮 编 100010

经 销 新华书店

排 版 北京春辰轩图文设计有限公司

印 刷 世界知识出版社印刷厂

版 次 2001 年 5 月北京第 1 版

2001 年 5 月北京第 1 次印刷

开 本 850×1168 毫米 1/32 印张 6.75

字 数 134 千字

印 数 0,001-7,000 册

定 价 12.50 元

Brainmakers: How Scientists Are Moving beyond Computers to  
Create a Rival to the Human Brain

© David Freedman 1994

This edition arranged with

JANE DYSTEL LITERARY MANAGEMENT

Through The Tyumen Trust

(Simplified) Chinese edition copyright:

2001 SDX Joint Publishing Co., Beijing, China

All rights reserved

# 序 言

早期的设计家们是从飞鸟身上得到了设计飞行机器的灵感。然而由此而产生的拍翅式设计最终都失败了，于是大部分 18 世纪中叶的发明家们开始将关注从飞鸟身上转向数学公式，空气动力学的雏形也随之而生。世纪交接之时，飞机诞生了。

通过飞翔的小鸟，大自然向人类绘制了一幅有关飞行的蓝图，然而这却是一幅比飞行基本原理更加生涩模糊的蓝图。飞机只是人类与自然竞争史上的众多成就之一罢了，不过这样的成就似乎在宣告人类利用科学分析、理解大自然的能力是有限制的。建立在现代热力学基础上的蒸汽机和内燃机正在改变着社会。法国数学家皮埃尔-西蒙·拉普拉斯和革利斯·亨利·波因兰卡尔完善发展了牛顿物理学理论，使之不仅适用于揭示太阳系的物质运动规律，而且在理论上也被认为，在给定充分的原始信息的前提下，能精确测算整个宇宙间每个粒子的运动。工程师出身的管理学家弗立德力克·温斯娄·泰勒也同样将这种分析、控制、预测的理论精神带入工场，在那里人们用表

示人类工作能量的公式来计算日常工作可以得到的最大效率。

上面这种思维方式在整个 20 世纪几乎没有受到任何质疑,它的成功不断被新的理论和应用映证,最终在执行曼哈顿计划时达到了顶峰。生物学可能已经陷入复杂和神秘的混沌中,但是物理学和化学,通过用公式表达基础原理并借助试验进行验证,似乎具备了解析所有现象的能力。

正是在这种过于自信的知识背景下,一门关于人工智能的新科学诞生于本世纪 50 年代。人工智能的研究似乎注定将经历同样明确的过程:求得基本原理然后进入实用阶段。似乎该领域中的每一个人都认定,在不久的将来对智能的研究就将大有所获,所用的时间甚至比用于发现原子的时间都要短。

但是他们都错了。和飞行或原子核的情况不同,智能这玩意儿太难被描绘了。下面是一门大有希望的科学如何走入死角的故事,同时也是一个关于重新审度这门科学的故事:为了向前飞翔有时需要回头再去看看那飞行的鸟儿。

# 目 录

序言 .....	1
1. 有问题的大脑 .....	1
2. 创造之父 .....	24
3. 思想之道 .....	59
4. 脑组织 .....	101
5. 分子的智慧 .....	133
6. 自然的力量 .....	161
7. 认知之光 .....	196
结论 .....	210

# 1.

---

## 有问题的大脑

我承认我对人类思维的了解并不多于对一只蚂蚁的思维的了解。思考这个问题可能是良好的开始。

——李维斯·托马斯

我对动物视觉系统佩服得五体投地。我经常发现自己在说：“我永远不会想到这个,但这确实是个好主意。”

——卡佛·米德

麻省理工学院人工智能试验室可以说是世界上最大、装置最先进的游戏室。地板上撒满了糖果。中间有一只巨大的塑料恐龙,一个满是坦克的玩具战场棋盘;一个装着紫色粘液的缸子,还有一块特大号的黑板,上面写着:

TOFU WEENIES

BEEF WEENIES

KOSHER WEENIES(BEEF)



## TECHNO WEENIES(GEEKS)\*

楼上则更显得孩子气了：一个十英尺见方的带有机玻璃盖的沙盒，里面装满了玩具推土机；一个两英尺长的塑料蚂蚁；一个十英寸长的铁蝉螂。一个四十多岁、看上去天真无邪的科学家让人第一眼错认为是正在玩耍的大个子孩子。虽然铁蝉螂并不如塑料蚂蚁大，但它却是所有玩具中最有趣的一种：它以一种不可思议的敏捷，像毛毛虫一样爬行，可以穿越整个沙地。

这个科学家正是罗德尼·布鲁克斯，而那个铁蝉螂就是阿提拉：布鲁克斯的最先进的移动机器人。虽然阿提拉只能以每小时 1.5 英里的速度爬行，并努力不撞到其它东西，但它的简单只是表面现象。实际上阿提拉是世界上最复杂的机器人，布鲁克斯强调说，阿提拉重 3.6 磅，有六条腿，二十四个马达，十个处理器，一百五十个感应器，其中包括一个微型摄像机，它的每条腿可以单独作四种方向的运动，这就使它攀越物体，爬上几乎垂直的斜坡，甚至它能上十英寸高的架子。更为重要的是阿提拉蕴含了“包孕结构”——这是布鲁克斯的独特创意：利用软件来控制机器人。

人工智能一向认为要使机器人能正确执行任务，必须设计出复杂的对等程序，对每一可能出现的动作进行严格的控制，而且还需更为复杂的程序对机器人所处环境变化进行跟踪，不断与事先制定的路线进行比较。布鲁克斯摒弃

---

\* WEENY 是一种香肠；TOFU 是“豆腐”的一种拼法；KOSHER 原为按犹太教规制成的洁净食品，此处似是“真正的”、“合法的”意思；TECHNO 是自造词；GEEK 指不笨却呆的人。——中文版出版者注

了旧传统,开辟了一种全新的理念,那就是:至少智能的基本表现形式应更接近脊髓髓而不是大脑。布鲁克斯坚持认为智能是自发产生的——就像自然界所做的一样,是以一种由下自上的方式,通过相关的独立元素间的互相作用产生,而不是靠那种由上自下的详尽的程序来控制。这种与传统大相径庭的理论在人工智能研究领域掀起了轩然大波,而自称为坏孩子的布鲁克斯更是竭尽所能推波助澜。他说:“关于如何创造人工智能,在逻辑概念方面我与其他人有很大的差别,而那些人都错了,但我欢迎他们走出来,自行其是。”

与一遍又一遍重复着同一动作的工业机器人不同,自治机器人可以修改自己的动作,以适应具体环境的需求,它甚至可以从种类繁多的动作功能表中选择最为合适的一种。高性能自制机器人不仅能使人类长久以来最具想像力的梦想成真,而且也将开创一个新的市场,很有可能使年需求达五亿美元的装配工式样的机器人市场逐渐萎缩。

自治机器人的研究被认为是人工智能的一个分枝,因为机器人在选择合适的动作来完成任务时也需一定的智能。但是研究者对已面临众多挑战的理论提出了新的挑战——一个机器人不仅要寻找到解决问题的方法,而且这种方法必须要能适用于真实世界,因为在真实世界中任何一个小小的错误都可能使机器人发生故障,甚至变得危险。

对于人工智能研究的先驱们来说,创建一个即使是最简单的自治机器人是如此之难,以至于在20世纪70年代末,空有壮志雄心的研究者们不得不重新回到研究机器人

的具体能力的问题上。大部分人在研究开发机器人的把握能力、行走能力,甚至它的跑跳能力。每一种研究都面临一系列问题,每一个问题都有一系列的解决方法,但是似乎没有一个人能创造出一个自治机器人。

其中最有挑战性的是关于导引能力的研究,就是说,如何使自动机器人在穿越一间房子或某块区域时不撞到其它物体上。对于这个问题,一般的解决方法是为机器人安装一个控制程序,这个程序有一些关于现实世界的概念模式,比如,一张房间的示意图,或者一张用来区分桌子与椅子特点的条目清单,当装有这样程序的机器人试图穿越一间房子并碰到障碍物时,它会把这个物体与已有的各式各样的物体特点清单作比较,并判断出物体的在地图中的位置,然后根据这些信息选定运动方向。这种辨别障碍物及遵循内置地图确定方向的能力只是研究移动机器人的起点,只是机器人的导引能力的最基本表现。

许多年来,人们把歇齐看作是利用分析法研究机器人移动能力的最有代表性的机器人。这个在1969年由尼尔斯·尼尔森与他在斯坦福的同事们一起设计的机器人具有当代工艺水平,这个高五英尺的机器人的建立在形式逻辑基础上的运行程序运行时需要巨大的计算动力,因此尼尔森不得不通过电缆再联加到另一台独立的电脑以提供这种动力。即使是这样,歇齐也只以每五分钟一英尺的速度穿过几乎空旷的房子。到20世纪80年代早期,虽然移动机器人仍旧需要依地图等方法来逐步解决导引问题,但它们已变得

4 更复杂、更具灵活性。由戴维·佩顿及他在马丁·马瑞尔的

同事设计、军方投资开发的户外自制运输机器则是其中最先进的一种,这种类似货车的运输机器可以沿着公路行走,也可穿越非公路地区,它的程序中包括一张地图,在地图中机器人的行进范围被划分成的条状区域,区域内的地面高度、土地硬度、植被情况及其它特点也都一一注明。运输机器的计算器每半秒钟核对一次它的位置,并计算出到达目的地的最快捷径。与歌齐不同的是,运输机器的计算动力是安装在它内部的。但是这种大型计算机设备的重量非常惊人,为防止它受阻于几乎是最平滑的斜坡,负担过重的运输机器的所能允许高度只有六英寸。即使是这样,它的最高时速也只能达到每小时两英里,而且常常会偏离方向近百尺。“问题在于内置地图没有包括制定最佳路线所需的所有信息,”佩顿说,“当它第一次遇到程序中未描述的障碍物时,它常常会不知所措,只会绕着障碍物转圈,这就好比在不知需购物体的尺寸、品牌的情况下,要完全依照购物清单采购,最后的结果只能是无所适从。”

卡耐基—梅隆中心的科学家里德·西蒙在制造“阿姆伯勒”时也遇到了相同问题。阿姆伯勒高十八英尺,有六条腿,原打算用作火星勘探工具。为防止它在行走过程中绊倒或陷于困境,西蒙开始采用启发教育法,同时收集机器人在处于意外情况时,作出判断所需用到的现实生活中的有关规律。“众所周知,踏入柔软的东西会陷下去,踩下去没有碰到东西,就说明踩空了,”他解释到,“我们正试图让机器人学会这些事。”西蒙正在收集类似规律并把它们组织进数据库,同时他也在设计一种新程序,使机器人能分析自己的错

误,并能从中总结出新的规律。

除了这些颇具雄心的项目外,大多数的科学家认为人工智能研究在过去二十年中的成果是令人沮丧的,也许机器人但特的命运正是这个研究领域失败的标志。Dante高六英尺,酷似蜘蛛,是由备受尊敬的机器人学科学家威廉·怀塔克所领导的卡耐基—梅隆小组研制的,美国航空航天署为此投资了数百万美元,试图将它用于对南极洲的活火山塞伯路斯的勘探。怀塔克,这个看上去和他的机器人一样具有威胁性的科学家已花了两年的时间,研究但特以及对它的控制程序,在他和他的同事们即将启航去南极洲的前一晚,他对他的机器人的前景作了颇具哲理性的描述:“我知道我们随时都会面临灾难性的失败,我已对问题习以为常了,我制造的机器人从未伤害过我,或让我感觉很意外,不过我想对于这种情况我确实作好了准备。”第二天早晨,在怀塔克的实验室旁举行的最后一次测试以但特折断四条腿告终。因为当它攀越一些石头时,它的控制程序不知该如何处理过程中所遭遇到的不协调位置及动作。两个月后怀塔克和他的同事们把重新修理好的但特放入塞伯路斯山口,却又不得不在它下降至六十五英尺时将其收回地面,因为它背上连接支持设备的电缆已损坏。但特至今还未完成它的使命。

长周期,高经费,而且传统人工智能对自治机器人的研究至今还未获得引人注目的成果,这些让研究者们不由地对在这个领域进行研究的基本方法是否正确产生了怀疑。

6 特别是这些年来,一些科学家正在考虑,机器人研究是否应

更关注生物们是如何出色完成那些令机器人无所适从的工作的?与机器人相比,生物们正是在所谓的“低层次”智能方面体现它们的优越性的。

我们中的大多数人认为自己的思想活动就是“高层次”智能,其中包括我们的常识推理能力、问题的解决能力以及创造力,一些人工智能研究者认为我们大大高估了这样的智能。他们认为,最重要的能力是那些我们认为生来就有的能力——领悟力、运动肌肉控制力以及反射能力。麻省理工学院的研究人员托马索·珀乔说:“人工智能研究者忽视这些能力已不是一天两天的事了,但是在机器人上重现这些能力实在是太难了,毕竟进化在视觉及运动肌肉控制方面的完善已进行了数百万年,而在语言及逻辑方面只进行了几千年。”

神经学家推测,产生意识信息的过程只占人脑计算能力的千分之一,剩下的大部分用来处理关于生存方面的低层次的意识活动。如果这样看,人工智能学者创建人工智能的方法就无异于是从顶部开始建塔。他们本应该把研究基础建立在处理生存的低层次意识上,就像它们在大自然中的表现那样,而不是纠缠于问题的推论或解决上。

珀乔和其他的科学家们试图用一种被称为运算法的方式研究视觉,运动肌肉控制,和其它一些低层次的能力,这种运算法首创于20世纪70年代,由戴维·马尔发明,他力图通过分析生物体大脑的低层次的功能,把发生过程凝缩为一种严密的数学描述。从理论上来说,这种数学描述可以运用于电脑中,就像马尔所说:“过程、数据结构、模拟机器、

运算及其运用过程中的特性、控制结构以及完成不同任务所要求的具体知识和知识表现的类型及风格。只要从上面几个方面着手，我们就可以揭开进化和中央神经系统的奥秘了。”

珀乔是用运算法研究视觉的最有名的科学家，这位早先曾仔细观察双翅昆虫的飞行动作的观察家现在参加了学院人工智能实验室的视觉机器项目，这个长期项目投资数百万美元，目的是在一个安装在微型卡车上的超级计算机上再现生物视觉的基本功能。他说：“目前，机器的观察力已与双翅昆虫一样敏锐。”

珀乔的楼下，AI实验室的地下室中，马克·瑞波特正努力改进他的有腿机器人。虽然通常来说，有腿机器人比轮型机器人更难设计，但是瑞波特认为大自然选择腿来代替轮子不会是没有理由的：陆地上70%的区域是用轮子无法到达的。因此机器学家研究有腿机器人的兴趣也越来越浓厚了。瑞波特是世界上最有名的研制机器腿的专家，十多年来机器腿是他惟一的研究对象，他研制的机器人有可以跳跃的单足多爪机器人，有可以走、跑、跳的双足机器人，可以快走、慢跑，飞奔的四足机器人，甚至可以翻跟斗的机器人。他从跳跃的羚羊，爬山的狮子身上寻找灵感，为了得到亲身感受，许多个早上他都从家中穿过四个交通拥挤的街区来到实验室。像珀乔一样，瑞波特把他的观察结果转化为数学方程式，然后把他们运用于奇妙而充满魅力的机器人程序中。他说：“从传统意义来说，他们并不是真正的智能，但他们是存在于大脑中的其他类型中的智能。”

虽然计算机专家已朝自然迈了一大步，但许多研究者并不满足。珀乔、瑞波特和他的同事们仍然想方设法计算出智能，并把他们的结构以方程式和运算法的方式记录下来。这本质上与人工智能研究者编写电脑棋手和数学定理证明程序的方法是一样，不同只是计算机专家研究的是低层次智能，而且他们进步更缓慢。

从某种形式上来说，大众对人工智能的理解比专家们的研究成果更先进。毕竟在 20 世纪 80 年代早期，观众们已通过电影《刀锋》(Blade Runner) 认识了用遗传技术制造的类人“复制人”，通过《终结者》认识了有机肉体 and 类脑晶片。根据这些标准，即使是《星球大战》中的 C3PO 和它的金属躯体以及它空洞的声音都已成为过时的玩艺儿，而这几乎形成一种常识：一个人工智能的实体从基本形态上来说应是自然的、毫不夸张的。而另一方面许多 AI 专家制作的机器人在很大的程度上仍以一个 1956 年的电影《禁星》(The Forbidden Planet) 中的机器人罗比尔为样板。毋庸置疑，科学家通常是不会从好莱坞电影中寻找灵感的。出乎意料的是，很少有科学家会思考这样一个问题：要想揭开人工智能的奥秘，或许应该仔细研究一下自然界产生智能的方法，一个与一步一步、一个方程式一个方程式解决问题的在本质上完全不同的方法。

斯蒂沃特·威尔森是其中最早进入这个领域的研究者之一。他是罗兰德研究机构的人工智能研究员，罗兰德研究所机构位于麻省理工学院附近的肯德尔广场的一幢毫不起



眼的建筑中，主要入口隐藏在远离街道的无标志的装货码头上，它是一个科学智囊机构，它的成员拥有足够的资金进行任何感兴趣的研究活动。正是在这儿，威尔森，这个看上去颇似出诊医生的四十多岁忧郁的高个男人计划沿大自然创造智能的道路来研制智能。

早在80年代初期，威尔森就相信对人工智能的研究已走入误区，他说：“在研究各种独立的人类智能方面，人工智能项目可以说是其中的最杰出的代表，有些成果是非常令人惊奇的，但这些研究的对象是过于具体化的功能，所以没法从它们中总结出规律性，另一个问题是它们不会直接从周围环境中汲取所需，而只能坐在那儿，直到人们给它们信号，然后也仅仅是复制这些信号而全然不知它的意义。它们中没有一个是能从周围环境中学习或适应环境，而这些哪怕最简单的生物也会具有的功能，却被我们的人工智能学者忽略了。”

那么在自然界中智能是怎样产生的呢？这个问题困扰了威尔森近几个月，最终他找到了答案：“智能与它对食物的需求、对配偶的需求、对生存的需求都有紧密的联系，正是这种生存的动力不断界定自然界中的不同问题，从而使生物产生多样性。”威尔森相信只有处于简单生物的生存环境才能真正复制它的智能。

从某种意义上说，威尔森的观点与已被生物学家及心理学家接受的观点不谋而合：要了解一种人体功能如何运作的最理想的方法就是先去了解这种功能在更简单的生物中的运作。既然人工智能研究的最终努力方向是复制人的