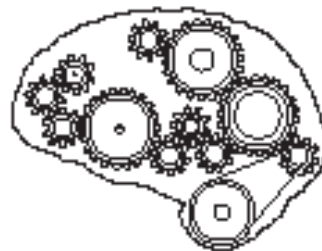


神经网络和人工脑



真正的脑子是湿软的，其神经元、血管和充满脑室的液体是由脂质膜、蛋白质和大量的水做成，你可以用手指戳它，用切片刀切它，插电极入其神经元和观察其血液搏动性通过。脑的研究似乎基于生物学和医学，然而，脑的研究也得到数学家、物理学家、工程师和计算机学家的重视，他们的研究方式是作方程式、作计算机脑模型、甚至制做仿真神经元的硬件装置。

真正的脑适应性强，它能读从未见过的手写字，了解陌生人的演讲，并且当事情出错时能包容，即使有细胞死亡，它始终运作很好，甚至在年老时它也能学会新的东西。当今的机器人非常擅长于它们有限的设计范围内的任务，例如制造汽车零件。但当问题出现时，它们就无法运作。

所有真正的脑包括高度互相联系的**神经元网络**。神经元需要能量，网络需要空间，我们的脑包含约100亿神经细胞，约320万公里的导线，上万亿的连接，但只有1.5公升容量，1.5公斤重和仅消耗10瓦特能量。如果我们使用硅片设法建立这样一个脑子，它会消耗大约10兆瓦，足够一个镇的供电。更坏的是，这样的“硅脑”所产生的热会导致它熔化！我们面临的挑战是去发现脑怎样能够这样有高效和经济地运作，并且利用相似的原理去制造象脑一样的机器。

你的脑有100亿个细胞和320万公里导线，有100万亿个突触连接，只有1.5公升容量和1.5公斤重量。它只消耗相当于一个夜间照明灯所用的电量！



建造硅的脑电路

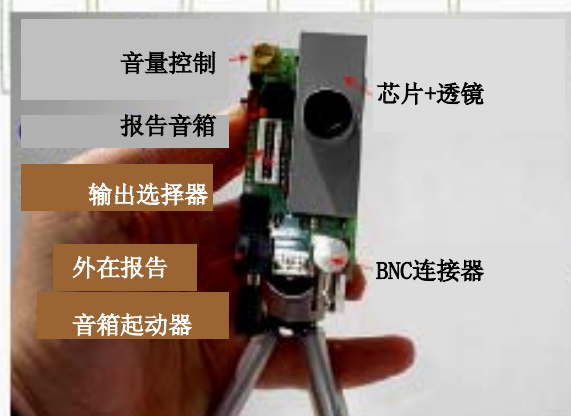
从一个传到另一个神经元的信号的能量费用是脑演变的一个主要因素。大约50%–80%的脑总能量耗于动作电位沿神经纤维的传导和突触传递，其余的能量被用于制造和维护。蜂的脑与我们的脑都是如此。但是，与数码计算机的速度相比，神经冲动的速度非常慢——只有每秒几米，象数码计算机的系统程序将无法按要求运作。然而，生物脑被建造为高度平行的网络，多数神经元直接地与数以万计的其它神经元连接。这样，脑利用其三维结构，将所有容量包装于头颅内——细胞层弯曲成折叠，连接处紧密地编织成束。相反地，芯片和电路板受二维结构本质的限制，硅神经元之间难以作甚至中等数量的连接。所以，不同于脑子，硅神经元之间的直接交流受严重的局限。但是，利用非常高速的常规电子，从许多硅神经元来的冲动可能是“多元化”——这是一个许多不同信息沿同样的导线传导的过程。这样硅工程师能开始仿效生物网络的连通性。

减少力度而增加速度，受到神经的启发的工程师已经使用比**数码编程**更合适的生物学策略，Carver Mead，一个在加利福尼亚硅谷的宗师之一，创造“神经形态工程学”，将神经生物学转换为技术学。不象按0和1的数字式编码，模式电路在电压上的变化是连续性的，就象神经元在它们的亚阈值状态(第3章)。因为硅设备利用基本的物理学的原理，记算可以在几步内完成。模式计算能容易地提供原始的演算：加法、减法、指数和积分，而这些在数码式计算机是复杂的运算。当神经元——不管是生物或硅计算器——做出“决定”时，它们沿轴突传递冲动将答复传到靶神经元。峰编码消耗能量高，高效率的编码由减少**多余**而使代表峰形式的信息量最大化。并且尽可能使用小数量的活跃神经元以增加节能，这叫做“**稀疏的编制程序**”，它为工程师提供建立人工神经网络的另一重要设计原则。

硅视网膜

硅视网膜是一个人工建造的简单的生物网络，它包含吸取光和自动地输出调节以适应对整体光亮度的变化，它与两个硅神经元连接，就象在视觉皮层的真正的神经元一样，硅神经元能提取关于线角度的信息和在视网膜图象中对比界限。

这个原型的神经元叫做**集成和发射神经元**，神经形态工程师使用他们很多。它们有这个名字是因为它们把有份量的输入“加起来”被编码为电压传达到它们的突触，只有当电压达到一定阈值时才产生一个动作电位。硅神经元本身由晶体管组成，但它不象常规数码系统，它不使用晶体管作为开关或使电压达到饱和状态。晶体管在它们的亚阈值范围运作，在这个范围内，它们的运作更象真正的神经元的细胞膜。另外，晶体管提供活跃的电导，仿效真正离子通道的电压和随时间而定的电流。这个小型的视觉系统是发展中更加精细制作的人工视觉系统的原型，它说明一个非常喧闹的真实世界的输入怎么可以迅速地被处理而作出一个简单的决定。它能够做它所被设计做的事——告诉在视觉图象里一条线的定位取向——并且神经科学家已经使用这个简单的硅视觉系统检测器材和训练学生。人工网络最重要的是它们在现实世界中运作和使用很少能量。



摄像机镜头位于硅视网膜前面

人工神经网络

人工神经网络(ANNs)经常被用来研究学习和记忆。它们通常是一台常规数码计算机的软件，它们包括在网络里高度联系的一定数量的简单处理单位。最简单的人工神经网络是**前馈联络员**，它有几层互联的输入和输出单位。一个有关联的记忆由调节这些层次间的连接力度而被编码，当输入模式被显示，被存放的与这个模式相关的模式就会被检索(见下页的**数学难题表**)。更加复杂的人工神经网络是**返回性神经网络**，它由一层互联的单位组成，每个单位即有输入又有输出的作用。听起来奇怪，但这个设计使网能存放多模式而不仅是项目配对。一次回归性查寻被存放的模式可解码这**自动联络网络**。研究显示有1000个单位的网络，大约150个样式可在因检索模式变得太大产生错误之前被检索出来。

人工神经网络与脑的相似之处在于它们存放和处理信息。它们把处理的“知识”存放在网络里，不象数码计算机的算术处理器和存储地址是分开的，它们没有分开的记忆部位，代之，它们有**内容地址贮存**。在一个人工神经网络，信息被存储在于连接的负荷，与突触在学习期间改变它们的力度相似，人工神经网络不被编程执行一个指定的程序，每个“神经”笨拙，只根据输入总和的负荷作简单地反应。但是，它们可被训练变得聪明。训练的**学习规则**是调节神经元之间连接的力度，通常的一个规则是将一个指定的输入模式所得到的网络输出与所要的模式相比较，在比较中任一个“错误”将被用来调整连接的负荷，使输出与所求的更相近。这样，网络逐渐使错误信号降低到极小值，这行得通但却慢得很。

出差错是重要的，学习不可能不犯错误，这是可能被忽视的特点。被过分训练不犯错误的网络结果只会对一个类型的输入起反应，这样的网络比喻地叫做**祖母型**——是人脑神话中的“祖母细胞”，细胞只在某人的祖母出现时有反应，并且，绝不可犯错！这在现实世界不实用，因为我们学习每一样东西都需要一个独立的网络。相反地，人工神经网络的好处是在于它们对未暴露于训练的输入模式有**推断**能力。它们能在模式中分析关系、抓拿联系和发现规律。并且，它们的“缺点-宽容”就象真正的脑。即使输入模式受干扰或残缺不全，它们仍然能检索一个被存放的模式。这些是生物脑非常重要的特性，而人工神经网络也能够做这些事情。

现代计算技术的不足

目前人工神经网络的不足之处是它们在数学上与数码计算机相模仿。这使它们在现实中的应用受更多的限制，因为模仿需要时间，神经网络无法实地操作。ANNs似乎非常合适驾驶汽车或航空飞行器，因为它们在噪声前强健，而当一些在网络里的单位停止运作时也可以继续运行。一般被利用在自动飞行的专门系统是数字计算机，以常规确定软件编程，并且，为安全起见，这总要求一个备份。如果航空器出错，这个专门系统就无法应付，飞行人员必须接管。当代人工神经网络的训练算法太慢无法应付这样的紧急状态。硅神经元到目前为止还不能学会东西，如果它们能，许多这些问题就会解决。随着我们学会更多脑的运作方式，我们能建立更加成熟的象脑一样的神经网络。



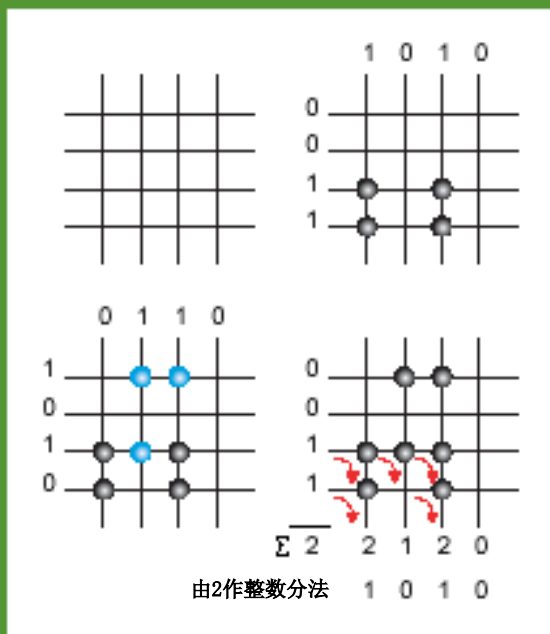
NOMAD是智能机器人的祖先，它站立2英尺高，有一圆柱形形状的躯干，它有“眼睛”、“耳朵”、“机械手”和其它感受器帮助它驾驶。NOMAD与多数机器人不同的是它没有编码的指示或规则，它有的是电脑模拟脑，有1万个被模仿的脑细胞和多于百万的相互连接，能感知和对其环境起反应。它能应付新情况和从错误中学习，如图，在它周围散布了绘有图形的立方体，一些画有条纹的立方体有电子导电性，使它们有吸引力，味道“鲜美”；其它立方体画有圆点，导电性不强，使它们不那么“鲜美”，NOMAD用它带有电子感应器的“手”——电子笔来回抓拿立方体和“品尝”它们后，学会不要圆点的立方体，而选择有吸引性味道“鲜美”的条纹立方体。



数学难题表

内容可寻址的分布记忆

想象一套导线水平地运行，与4条垂直导线相交运行，在它们的交点有“开关”(A盘)，这个矩阵将是记忆。它以二进制数字的形式显示信息，例如，0011和1010，每当1遇到1时我们使开关打开(B盘 被显示为蓝色)，这些存放两个数字的配对。在第一对数字上，矩阵可存放其它数字，譬如1010和0110，矩阵的最终状态应该如C盘显示，有7个开关打开。现在，你再出示第一个号码—0011—到矩阵最终状态，并且安排电流在垂直导线所有开关打开点(d盘)，你将最终获得电流从垂直的导线流出来到底部的比例为2120。这不是0011第一次被配对的数字，但是，你将2120除以在数字0011里1的总数(0+0+1+1=2)，利用整数分法(使你忘掉提醒物的类型)，你最终获得1010。所以，即使其它信息被存放在第一个信息之上，矩阵也可以“记住了”0011是与1010匹配。以第二对数字你能再检查这运作方法。



我们认为这是脑的记忆法，它不象个人计算机，它不存储信息在具体地点。信息被分布在整个网络，改变的突触负荷量被储存，因此其内容能被检索。问题是，这种记忆很快饱和，尤其当只有4根导线的时候。但是，当有1000对导线，矩阵能存放很多重叠的信息而受太多的干涉。

