

1949: 赫布学习规则

唐纳德·赫布(Donald Hebb)在《组织行为的神经心理学理论》(*The Organization of Behavior*)(图 15)一书中提出了赫布规则(Hebb Rule):“当细胞 A 的轴突到细胞 B 的距离能够足够的近,以至于能刺激到细胞 B,且反复地或持续地对其进行刺激,那么某种增长过程或代谢反应将会发生在这两个细胞或一个细胞中,以此增加 A 对 B 的刺激效果。”现在,该规则也被称为“赫布学习”(Hebb Learning)。

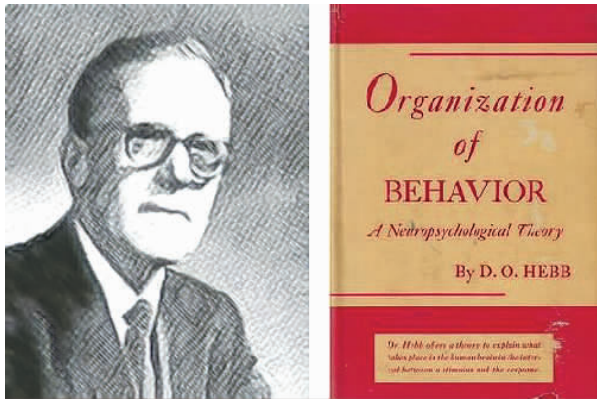


图 15 唐纳德·赫布和他的著作《组织行为的神经心理学理论》

赫布学习规则是一种神经科学理论,声称突触效应的增加是由突触前端细胞对突触后端细胞的反复并持久地刺激而引起的。他试图解释突触的可塑性,即学习过程中大脑神经元的适应性。

让我们假设反射活动(或过程)的持续或重复会倾向于引起增加细胞稳



定性的持久变化。当细胞 A 的轴突到细胞 B 的距离足够小,以至于可以对细胞 B 进行反复或持续的刺激,那么一些生长过程或者是代谢过程的变化会紧接着发生在其中一个或者两个细胞中,从而促使细胞 A 的功能得到增强。

该理论通常被概括为“一起激发的神经元连在一起”(Cells that fire together, wire together)。然而,这个概括不能仅仅限于其字面的意思。唐纳德·赫布在他的理论中强调,细胞 A 必须要参与刺激细胞 B,并且这种效应的产生当且仅当发生在细胞 A 刺激后的即刻,而不是和细胞 B 同时发生的。在唐纳德·赫布的理论中,这一重要的想法实质上指出了现在人们所了解的关于“尖峰时刻依赖”的可塑性的概念,这个过程是存在时间的先后顺序要求的。

这一理论也解释了人脑联想的过程,联想过程中细胞的同时激活,导致了这些细胞之间的突触强度得到了明显的增加。它为教育和记忆康复的无差错学习提供了生物学基础,在之后的认知功能神经网络的研究中,它通常被认为是无监督学习的基础。

赫布学习规则的理论一直都是传统神经网络理论的主要基础。在之后的相关研究中,有学者通过实验验证了唐纳德·赫布的理论。艾瑞克·肯德尔(Eric Kandel)的实验室进行了相关的实验,验证了赫布学习规则的理论在海洋腹足类动物的神经突触变化过程中起到了作用,为这一理论提供了实验的证据。赫布学习规则中的突触变化机制,在脊椎动物中枢神经系统的突触上的实验是非常复杂且困难的,而在海洋无脊椎动物的相对简单的周围神经系统中,实验相对会简单很多。虽然在脊椎生物神经系统上的实验非常困难,但是在之后的一些相关工作中,研究者们还是通过一些现象推断出了脊椎动物神经系统确实也存在赫布学习规则的学习过程。

赫布学习规则和“尖峰时刻依赖”的可塑性的概念,已经被应用于“镜像神经元如何形成”的相关理论中。镜像神经元是当个体执行动作时以及当

个体发现另一个个体在执行类似动作时所激活的神经元。镜像神经元的发现,对解释个体是“个体是如何理解其他个体的行为”方面具有非常重要的影响力,它表明了当一个人感知到他人的行为时,会激活自己执行类似动作的运动过程(神经元),以此来理解他人的行为,在此之后,激活这些运动过程能够增加感知到的信息,并根据感知者自己的运动程序来帮助其预测他人接下来的动作。

克里斯蒂安·克塞思(Christian Keysers)和唐纳德·皮瑞得(David Perrett)认为,当个体进行特定的动作时,个人能够看到、听到并感觉到自己正在执行这个动作。这些重新被传入的感知信号将触发神经元中响应于视觉、声音和动作感知的活动过程。因为这些感知神经元的活动将会始终与导致该动作的运动神经元的活动相互重叠,所以根据赫布学习规则的相关理论,连接神经元的突触将会因为响应于动作过程的视觉、听觉和触觉以及被触发的那些神经元的相关行为而被加强。当人们在镜子中看到自己,听到自己说的话,或者看到自己被别人模仿时,情况也是这样的一个过程。在经历了这种重新参考的反复过程之后,连接动作过程的运动神经元的突触将会对响应声音、视觉和触觉的神经元进行强烈的刺激,由此产生了新的镜像神经元(图 16)。



图 16 人脑神经示意图



有很多实验为这一解释提供了证据。这些实验表明，在刺激与执行过程再次配对时，也就是说新的听觉或视觉的刺激能够触发运动过程的再次执行。例如，从未弹过钢琴的人在听到钢琴音乐时，不会激活参与弹钢琴的大脑区域。然而，这些人在接受了5个小时的钢琴课程教学后，每次听到钢琴声都会触发大脑的特定区域，而这些区域就是新形成的与弹钢琴的动作过程相关的神经元。