

神经科学导论作业

一、一场神经科学与人工智能的争论

在 2022 年 10 月份的时候,在推特上神经科学圈出现了一起不大不小的争论,有着数名在人工智能领域较为著名的学者的参与,其中 Yann Lecun 这一被称为卷积网络之父的研究者也参与了讨论。讨论一开始的内容为神经科学是否推动了人工智能,在后来就更多地变为了,未来的人工智能领域是否需要神经科学。

事件的起点为神经科学领域和人工智能领域的数名著名学者发表了一篇白皮书文章,希望为了人工智能领域的发展,让更多的研究经费进入神经科学领域中。但是来自 DeepMind 的学者 David Pfau 对这件事有着不同的主张,他在推特上发布了自己的看法,认为神经科学领域对人工智能领域的发展没有起到作用。这里我们应当注意, Pfau 并非对神经科学一窍不通的无关人员, Pfau 也是接受过完整的神经科学领域的学习的学者,他曾就读于哥伦比亚大学的神经生物学专业。

在 Pfau 发表了这番言论后,许多神经科学领域和人工智能领域的学者开始对他的看法进行反驳,他们举出了许多的例子,例如 LeCun 就认为“神经网络通过调节突触权重来实现学习这一整套想法确定无疑来自神经科学”,但 Pfau 也进行反驳说,“从一些经典工作获得一些概念上的启发和直接从最近研究中获得启发是不同的”。事实上, Pfau 认为神经科学领域对人工智能领域的帮助从来都只是 High Level 的,而神经科学领域里面的详细而具体的某个结论,例如某些蛋白质对神经系统会产生某些影响,这种结论对人工智能领域来说没有任何用处。

这里我们很难说 Pfau 的看法是否过于偏颇了,毕竟我们很难确定或量化一个领域对另一个领域的影响。 Pfau 的看法虽然有着很多人反驳,但是也得到了不少的支持,这也确实是因为近十年来的人工智能大发展似乎确实与神经科学没有太大的关系。近十年来的深度学习等技术的大发展,其实是建立在互联网大数据以及算力的提升上的,在基础研究领域反倒是似乎没有着什么重大的突破。可以说,近期 AI 的发展大多是得力于算力和数据集的影响。

人们常常会拿鸟和飞机来类比神经科学和人工智能。这句话是这么说的,人类学会飞行的过程,并不是依靠生物学科研究出了鸟是怎么筑巢、孵蛋和进食的,而是靠着空气动力学的进展研究出了飞机。但是上文提到的白皮书也对此有着一个回应,认为这给类比并不合适,因为造飞机并不是为了像鸟,但是人工智能的一个很大的目的是为了像人。

这些看法都有着其自己的正确性,我们也无法评判哪一方才是对的。但是我们可以肯定的是,部分人工智能领域的发展,确实是借鉴了一些神经科学或认知科学的概念。

二、神经科学与深度学习神经网络

近年来的 AI 发展主要依靠的是深度学习，而深度学习与神经科学有着直接而紧密的联系。神经科学家最先提出了神经网络的基本模型，而现在主流的卷积神经网络仍然包含了一些神经网络最本质的特点，如层级结构、非线性激活、最大值池化等，这些特点来源于神经科学中对哺乳动物视觉皮层的单细胞记录实验结论。（Multi-layer）Perceptron, Backpropagation, CNN 等工作面世，这些算法借鉴了学习（learning）和非线性激活（nonlinear activation）等神经元特性，大多数工作都发表在 *Neural Computation*（这是一本计算神经的杂志）。倒不如说，“神经网络”中的“神经”二字，就是人工智能神经网络与神经科学相关联的一个最好的佐证。

推动现代人工智能革命的深度卷积神经网络建立于人工神经网络基础之上，其直接灵感来源于 David Hubel 和 Torsten Wiesel 关于猫的视觉处理神经环路的工作，后者获得了诺贝尔奖。另外，神经网络中的正则化也来源于神经科学。如 Dropout 算法，受启发于神经元发放的随机性，即神经元的响应近似服从泊松分布。

总而言之，在过去的研究中，神经科学为创造新的神经网络结构和深度学习算法提供了一些 High Level 的指引。

三、神经科学与强化学习

人工智能领域的另一个重要方向是强化学习。与常见的有监督学习不太一样，强化学习的标签数据是延迟性的，其目的是基于现有的环境状态，依据特定策略选择一个动作以获得更好的回报。强化学习的灵感直接来源于神经科学对动物学习行为的研究。

近些年来，基于强化学习的 AlphaGo 在围棋领域取得了优异的成绩，打破了过去人们认为人工智能没有足够的算力进行围棋计算的观念，这是强化学习取得的一个里程碑式的成绩。而在 Alpha 系列衍生出来的 AlphaFold 也在生物学领域取得了不错的效果，这是一款蛋白质结构预测程序，能够预测出大量的蛋白质结构，相比于人工预测，在效率上有着极大的提高，这类的工作可以被认为是人工智能领域对生物科学领域的反哺。

但是这类的工作也存在着一些批评，例如尽管人工智能系统可以在国际象棋和围棋等游戏中轻松击败任何人类对手，但它们并不鲁棒，在面对新环境的时候往往会失效。此外，我们也还没有建立能够走到货架边、取下棋盘、放置棋子、在游戏中移动棋子的系统。类似地，没有机器可以筑巢、觅食浆果或照顾幼崽。这也就说明，人工智能在通用性上还存在着极大的欠缺，这一部分也许需要进一步在神经科学领域上进行研究与补足。

四、神经科学与注意机制

近年来，神经网络中注意机制（Attention）在许多任务上取得了优异的效果，吸引了人们的注意。注意机制很像人们看图片的逻辑，当我们看向一张含有多张物体的图片的时候，我们并没有看清图片的全部内容，而是将注意力集中在了某一个主要物体上。其取得优异效果的原因，简单来说，就是将有限的注意力集中在重点信息上，从而节省资源，快速获得最有效的信息。

Attention 机制最早是在计算机视觉里应用的，随后在 NLP 领域也开始应用了，真正发扬光大是在 NLP 领域，因为 2018 年 BERT 和 GPT 的效果出奇的好，进而走红。而 Transformer 和 Attention 这些核心开始被大家重点关注。那么注意机制又与神经科学有着什么样的关联呢？

我们学习一个任务时，大脑中的神经网络并不是进行的全局优化。大脑是模块化的，不同的功能对应不同的脑区，当执行某一特定任务时只有对应的部分神经网络会激活。这种观点与如今的注意机制有着极为相似的共同点。在数年前，大部分的卷积神经网络对输入的整幅图像的每个像素都赋予同样的关注。但在人脑视觉系统中，视觉注意机制会对输入图像中不同部分赋予不同关注，将注意在整幅图像中策略性移动。比如我们观察图像时会自觉地将注意移到图像的前景上而忽视背景，然后集中视觉处理资源对前景进行处理以快速完成物体识别。

可以看出，神经科学领域的发展，对着神经科学的发展，即使没有着太多的直接关联性，却也能在一种高层次的方式，对人工智能领域的发展提供着灵感。

五、神经科学与记忆机制

记忆机制也是人工智能领域被神经科学领域影响很深的一个方面。神经科学表明智能行为依赖于多种记忆系统。记忆一方面是基于强化学习的机理，即对经历的大量动作及其反馈值进行学习总结。另一方面是基于个例学习的机理，即对经历的个例进行快速编码和存储，这种记忆，也称为情景记忆，它的形成主要与海马区有关。

人工智能研究人员基于神经科学在记忆机制上的观点，先后提出了数个人工智能模型。例如循环神经网络（RNN）就是一个典型，而在循环神经网络基础上的长短时记忆网络（LSTM）能够基于记忆模型，在时序序列领域取得很好的性能。

除了这种明面上的记忆，实际上任何一个机器学习模型，又何尝不是一种潜在的记忆呢？正如 LeCun 所说，“神经网络通过调节突触权重来实现学习这一整套想法确定无疑来自神经科学”。我们可以认为，神经网络通过调节权重的方式进行学习，同样类似于神经科学中的通过改变神经元突触权重和结构的学习。

六、参考文献

1. 计算神经科学能否成为未来人工智能的发展方向？ - 知乎
<https://www.zhihu.com/question/304574109>
2. 利用神经科学开发人工智能 Science (IF 63.714) Pub Date : 2019-02-14 , DOI: 10.1126/science.aau6595
3. AI 综述专栏|神经科学启发的人工智能
<https://cloud.tencent.com/developer/article/1628177>
4. The application of artificial intelligence to biology and neuroscience. Blake Richards, Doris Tsao, Anthony Zador. 10.1016/j.cell.2022.06.047
5. NeuroAI: 迈向下一代人工智能 <https://swarma.org/?p=38476>
6. Attention 机制 <https://easyai.tech/ai-definition/attention/>