标题: 猕猴V4双光子成像数据的深度学习模型研究

关键词：腹侧通路, 猕猴视皮层V4区, 双光子钙成像, 深度学习, 人工神经网络

摘要

视觉作为人类感知世界的主要方式，承担着向大脑传输大约80%的外部信息的任务，在信息处理中处于核心地位。大脑的视觉皮层可以划分为功能各异的背侧和腹侧两条路径，它们并行处理不同的视觉属性。本项研究着重于视觉皮层的第四区（V4），它位于腹侧通路中，承担着识别物体颜色和形状信息的任务。神经网络模型与视觉系统的紧密联系为现代人工神经网络的设计提供了灵感，因此深入探讨两者之间的关联对于科学发展具有重大意义。在先行研究中，猕猴V4区的电生理数据被用来建立神经元编码模型，这一模型能够生成使神经元放电率最大化的偏好图像。我们尝试将这一模型扩展到双光子钙成像数据上，以探索这种成像技术是否适用于神经网络模型的开发。此外，我们还利用双光子钙成像的优势进行了深入分析，以验证模型的可复现性，并寻找提高模型精度的新方法。研究结果表明，通过调整刺激条件以适应细胞的感受野特性，可以提升模型精度。模型所生成的偏好图像在不同初始条件下展现出了一定的可重复性。然而，同一组细胞在不同数据集下生成的偏好图像相似度有限，实验表明通过交叉训练可以在一定程度上增强图像间的一致性。此外，我们在比较偏好图像相似度的指标时发现，与结构相似性指数（SSIM）相比，CLIP度量的相似度更符合人的视觉感知。这项研究不仅提高了我们对视觉系统机制的理解，同时也证实了深度卷积神经网络（DCNN）模型在模拟V4神经元钙成像结果方面的适用性，能够为V4的进一步研究提供帮助。

实验结果

1. 改变输入图片可以提升模型精度
   1. 目标
   2. 具体操作
   3. 结论
2. 模型可重复性验证

2.1 目标

2.2 数据8,9训练结果对比

2.3 最优刺激对比

单独训练

交叉训练

不同初始值对比

随机对比

SSIM对偏好图片相似性的评估

CLIP 对偏好图片的评估

心理物理实验验证

2.4 结论

讨论

1. 对后续实验的指导

带有背景的视觉刺激下采集时，神经反应相对于无背景刺激的情况较为减弱，应优先考虑使用无背景的刺激以获得更加清晰和一致的神经响应，这对于指导后续的实验采集具有重要的意义。

内源信号光学成像技术将用来确定功能区域与偏好图像，能为我们的实验策略提供了有效的验证手段，也指导了我们更加精确地理解神经元偏好。

此外，我们通过对图像进行裁剪的实验，能够有效地提高模型的精度，模型中训练的感受野与实验中测得感受野一致性高，证明实验有效。

1. 研究的局限性

成像区域相对于**V4区域整体而言较小**

trial correlation相对较低。**数据质量**存在不足，这在一定程度上影响了模型训练的预期效果。

CLIP的评估区分度都不高，导致最终评分差异不显著。

偏好图片生成方法也有待改进，目前生成的图片内容相对抽象

1. 探索新的研究方向

**抑制性刺激，能够使得神经元的放电率降至最低**？

**调整卷积核**

**图像重构**