

The Cambridge Handbook of Computational Psychology

Chap. 15 Computational Models of Attention and Cognitive Control

1. Introduction

- 什么是注意？

Modern cognitive research interprets attention as the capacity to select and enhance limited aspects of currently processed information, while suppressing the remaining aspects.

- 为什么要有注意机制？

Cognitive scientists interpret attention as a solution to a fundamental computational trade-off that limited agents face in complex environments: on one side, the necessity to focus on as much information as possible in order to be vigilant and opportunistic, on the other side, the necessity to optimize performance by allocating, in a coherent and continuous manner, cognitive resources to the most salient and behaviorally relevant events and actions

即一种在尽可能多地获取信息，但是信息处理能力却是有限的平衡

本文主要探讨视觉注意机制。

2. Visual Attention

视觉注意机制处理的基本模块：

2.1 The Base Model

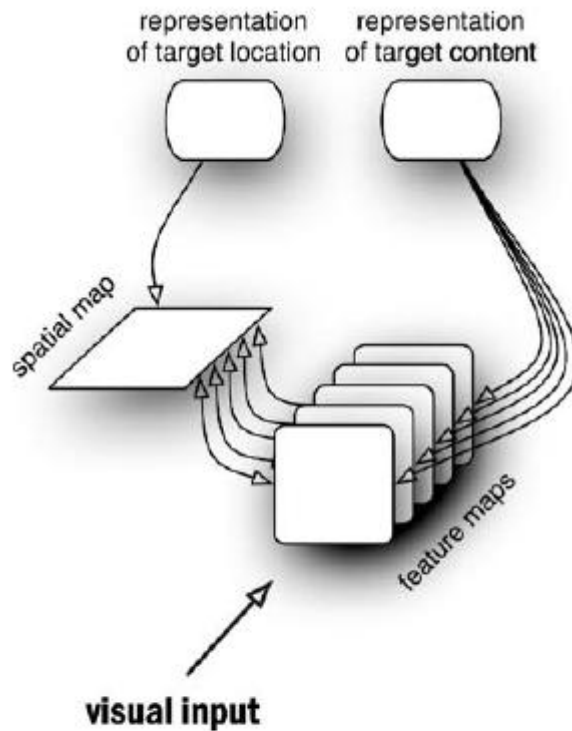


Figure 15.1. Base model depicting core elements of the visual system and their connections, within which attention is implemented.

其中 Spatial Map 表示视觉中的位置、拓扑结构等信息
 Feature map 表示视觉中的特征信息，例如颜色、朝向、强度等
 上面的 Target location 和 target content 分别表示来自高层的目标，对底层的视觉机制进行控制。
 其他模型都是从这种基本模型中扩展出来

2.2 Explicit Computation and Representation of Attention

这种模型采用直接表示的方法对注意机制建模

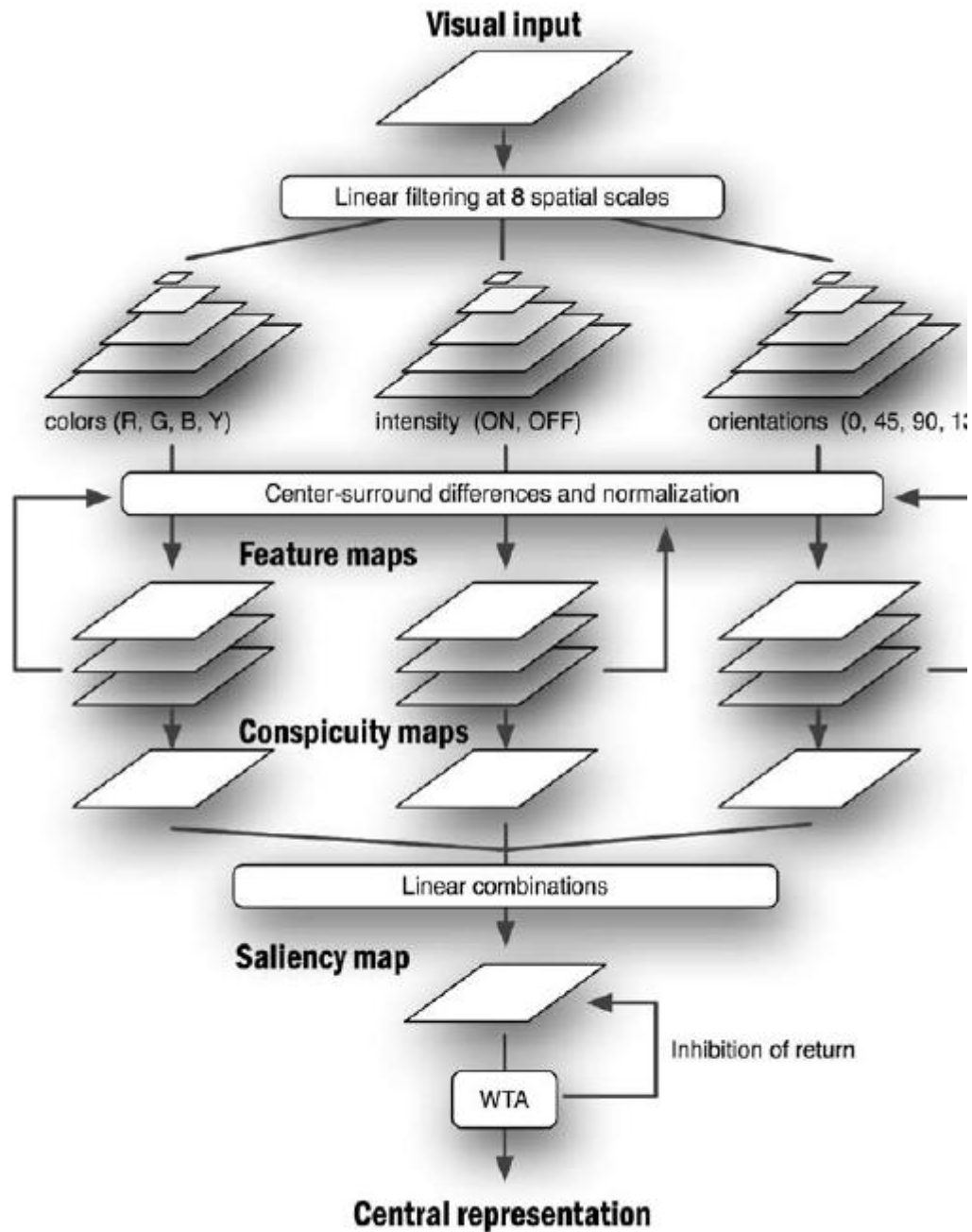


Figure 15.2. A schematic representation of the saliency map based on the computational model of visual attention initially proposed by Koch and Ullman (1985) and fully implemented by Itti et al. (1998).

这是一种多层次的瀑布模型，视觉信息从顶端输入经过特征提取（颜色、强度、朝向）进入特征地图（Feature map），之后对显著特征进行提取（Conspicuity maps 和 Saliency map）。其中显著特征主要包括某点的强度和背景形成强烈对比的那些点。之后进入 WTA（Winner take all）网络，从若干显著特征中提取出来一个。Inhibition of return 保证对选择胜出的特征进行抑制，这样就能保证系统的注意力可以在若干个不同的显著特征中游走。

总之，这是一种显式描述的模型。

2.3 Interactive Emergence of Attention

如果说上面的模型没有任何新奇，则这个模型试图通过神经元系统通过局部相互作用而涌现出一种高层的注意机制。它的设计结构如图：

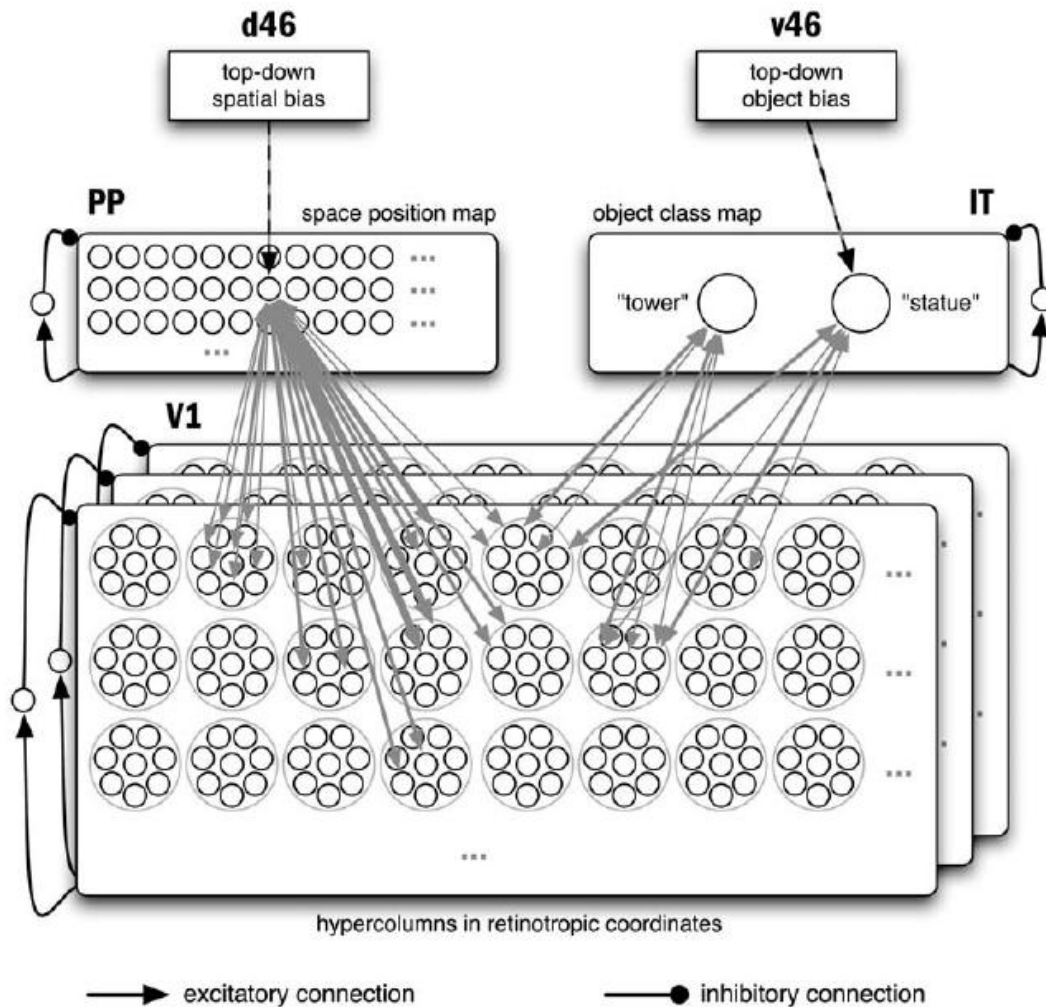


Figure 15.3. Schematic representation of biased competition model (Deco, 2001). Units within V1 hypercolumns coding eight orientations at three spatial scales are connected to (PP) units bidirectionally with Gaussian spatial distribution of weights. Units in IT are bidirectionally connected to every unit in V1 with variable weights defined through supervised Hebbian learning rule. (Only sample connections with various weights are shown.)

其中 V1 模块包含了各种视觉处理的 hypercolumn（每一个大圆，其中包含的小圆对应了神经元），它对应了实际脑中的视皮层区域。这篇区域对视觉信息进行初步加工。

PP 模块对应了空间位置地图，它由高层的自上而下的空间偏好(Spatial bias)控制。当空间偏好某一个空间点的时候，PP 模块中相应的神经元会被激活，这个激活的神经元又会通过权重连接激活下面 V1 模块中的若干 hypercolumn。

IT 模块对应了目标分类地图，它也是由高层的自上而下的目标偏好控制的。高层决定了 IT 模块应该关注哪一个目标物体，而这个目标又会通过权重连接激活下面 V1 层的各种神经元。整个网络通过 Hebb 学习律训练各个连接的权重。注意机制可以通过各种神经元之间的激活以及抑制机制实现。

2.4 Key issues in visual attention

比较 2.2 的模型和 2.3 的模型，我们可以得到下图

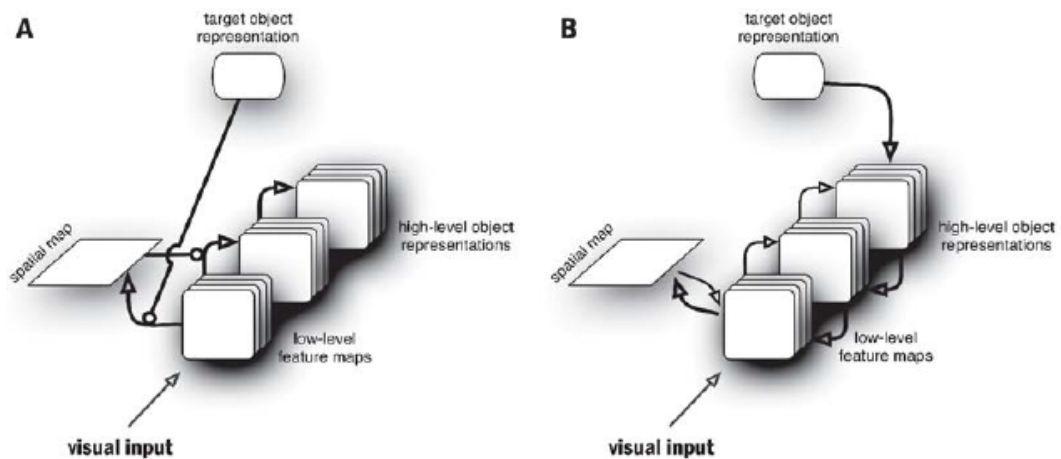


Figure 15.4. Two possible routes of top-down object attention. (A) In feedforward models, attention is guided by biasing input from the low-level feature maps to the spatial map that gates the flow of information to the higher levels of visual processing. (B) In biased competition account, the attention is guided by propagation of bias over rich recurrent connections from a high-level object representation to the low-level feature maps and through them, to the spatial map, ultimately leading the network to settle in a state representing the target object and its location.

A 代表 2.2 模型，B 代表 2.3 模型，它们最主要的区别在于 A 模型的高层控制通过一种抑制来实现，而 B 图中的高层控制通过激活底层的神经元实现。

3. Models of Goal-driven attentional models

注意机制除了收到来自底层的视觉信息以外，也会来自高层的目标。也就是目标驱动的关注。例如著名的心理实验：**Stroop**：让被试读取单词：“**GREEN**”和“**RED**”。如果高层的目标是读取单词的表面意思，则反馈的就分别是 Green 和 Red，但如果高层的目标是指出单词的颜色，则反馈的应该是：red 和 green。

Cohen et. Al. 1990 设计了一个简单的人工神经网络来实现这个实验：

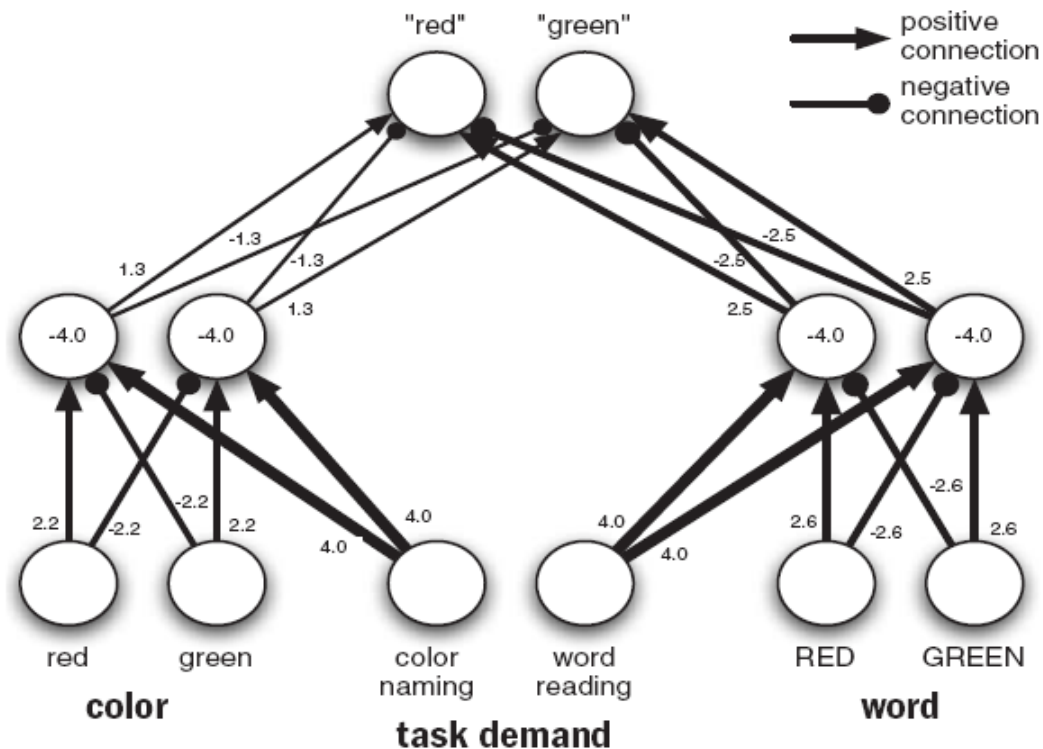


Figure 15.5. J. Cohen's model of the Stroop test (Cohen et al., 1990) This model provides a minimal account of top-down attentional biasing effects emerging from prefrontal cortex-based task-set representations.

其中信息从下而上传递。高层的任务 Color naming 和 Word reading 也分别被设计成两个特殊的输入节点。当高层的任务是 color naming，则该节点会被激活。当该网络经过适当的训练便可以完成系统的注意力在不同的任务下的切换。

之后，人们对这个基本模型进行了若干的改进，我们不再一一详述。

3. Models of Goal-driven attentional control

3.6 Unresolved issues and future directions

文中指出了注意机制建模中的一些未解决问题，包括：

1、注意力的容量（空间时间），是什么因素决定了这个容量？

But a clear theoretical justification for capacity constraints is still lacking, except for speculations that they are due to limitations of metabolic resources (Just et al., 2001) or that they are an emergent computational property arising from the necessity to constrain a massively parallel computer (the brain) into actions that have to be performed serially and unequivocally (Allport, 1989).

2、注意的控制机制是如何和冲突消解相互协调的

3、注意机制是如何跟高级的认知功能例如情感、意图、意识相互协调的？

会后讨论的问题

1、究竟什么叫做注意机制

我们能否通过某主体行为上的正态分布来判断该主体进入了某种注意集中的状态？

2、为什么需要注意机制

如果说注意是因为有计算能力的限制，那么如果制造出来一台计算能力无限的机器，那么是否该机器就没有注意机制了呢？

3、注意和“自我”的关系是什么？

在现有的模型中，无论是目标还是注意需要集中的焦点都是由自上而下的机制来控制，然而在现实系统中，究竟这种自上而下的机制究竟是什么？是否存在一个脑区好比是国家的君主对整个底层的大脑进行控制？这个君主是不是就是那个自我？