

认知心理学基础

第五讲 注意

主讲人：刘剑毅
人工智能学院

注意研究的历史

- 注意作为心理活动的调节机制在近代心理学发展的初期即已受到重视
- 但随着行为主义和格式塔心理学的兴起，注意的研究几乎被完全排斥
- 行为主义：否定注意的存在
- 格式塔心理学：注意完全融化于知觉之中

注意研究的历史

- 第二次世界大战期间，由于通信工程的需要，为保证人机系统的工作效率和可靠性，**工程心理学**又开始重视注意的研究
- 20世纪50年代认知心理学兴起之后，注意的研究又得到广泛的开展
- 认知心理学将注意看做信息加工的重要机制
- 认知心理学强调人的心理活动的主动性，不是简单的行为注意的刺激-反应
- 由此开始，认知心理学信息加工的观点开始在注意的研究中占据统治地位。

注意的定义

“Everyone knows what attention is...”

—William James, 1890

- **注意**：是意识接收信息的过程，它是意识从同时呈现的几个对象或思维序列中选择一个对象并给予清晰和生动的关注的过程，意识集中与专注是注意的核心

注意的实质

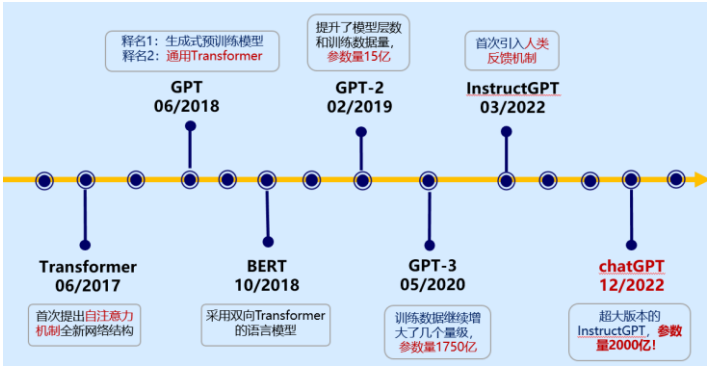
- 认知心理学主要强调注意的选择性特征，将注意看做一种内部机制，借以实现对刺激选择的控制并调节行为，也即舍弃一部分信息，以便有效地加工重要的信息
- 两个实质特征：选择性和改善心理加工的有效性
- 因此，认知心理学实际主要研究的是注意的作用过程，所提出的模型都是用于说明注意的机制

注意的功能

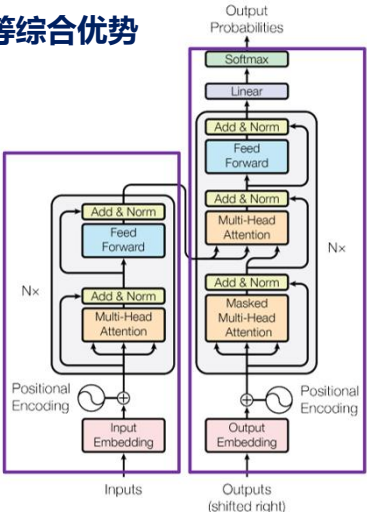
- 人面临大量的输入信息，而人脑信息加工能力有限，为避免信息超载，需要通过注意选择有限的对象并给予有效的加工
- 注意的功能：
 - 突破信息加工瓶颈：在有瓶颈限制的信息加工过程中，优先通达被注意的刺激
 - 分配认知资源：被注意的刺激获得更多资源
 - 知觉过程的特征整合：被注意的刺激的特征捆绑结合在一起，而未被注意的刺激的特征是自由漂浮的

Transformer网络

- 2017年，Vaswani提出具有自注意力机制的全新网络结构——Transformer，具有端到端序列生成、更加准确、前馈运算速度快等综合优势



从Transformer到ChatGPT的演进



注意的模型

(一) 注意的知觉选择模型

- 过滤器模型: Broadbent (1958)
- 衰减器模型: Treisman (1960, 1964, 1969)

(二) 注意的反应选择模型: Deutsch and Deutsch (1963)

(三) 注意的中枢能量理论: Kahneman (1973)

(四) 特征整合理论

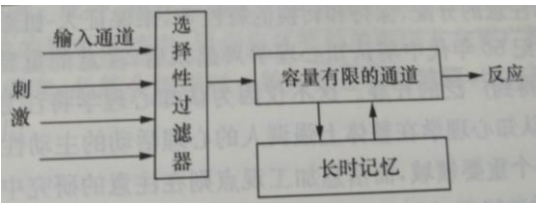
视觉注意分配: Treisman and Gelade (1980)

1. 过滤器模型 (Filter Model)

- Broadbent是注意研究的创始人，对后来一个时代的研究带来深远影响，他利用**双耳分听实验**研究听觉注意中提出该模型
- “注意是一个容量有限的信息处理系统的必然结果”
——Broadbent, 《知觉与通讯》, 1958



- **单通道模型**：过滤器至高级水平分析的通道只有一条
 - 一个感觉器官（视觉或听觉）
 - 成对感觉器官中的一个（左耳或右耳）
 - 不同方位的刺激



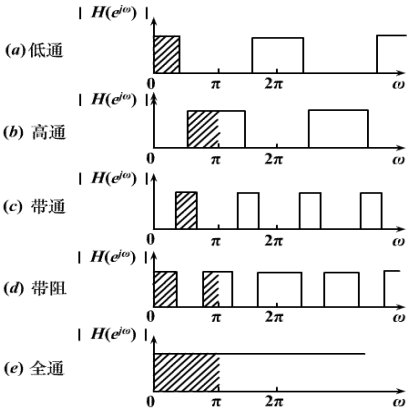
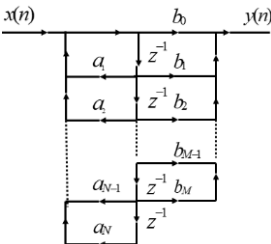
数字信号处理中的滤波器

- 过滤器模型可以**类比于“滤波器”**：只允许一个波段的信号通过，而过滤掉其余通道的信息

数字滤波器在时域的常系数线性差分方程表示：

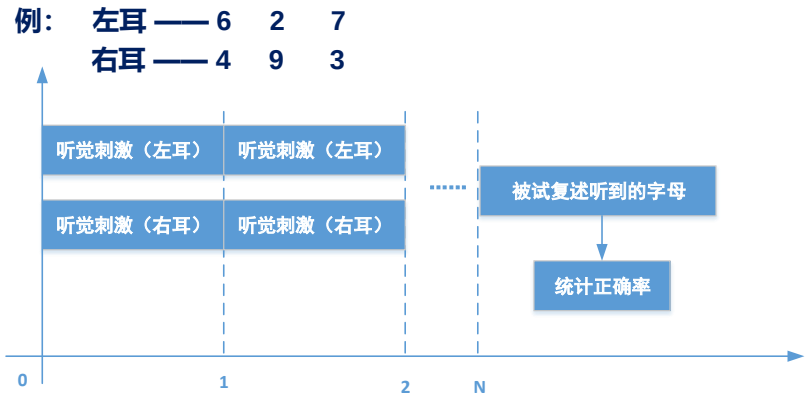
$$\sum_{k=0}^N a_k y(n-k) = \sum_{m=0}^M b_m x(n-m)$$

数字滤波器的正准型 (Canonical) 电路结构图



Broadbent双耳分听实验 (dichotic listening, 1954)

■ 实验范式设计:



Broadbent双耳分听实验

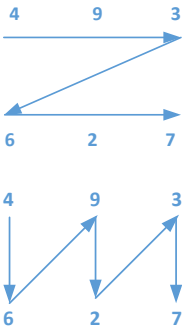
■ 实验结果:

- 大多数被试会以493、627方式复述, 正确率65%
- 少数被试会以4——6、9——2、3——7方式复述, 正确率20%

■ 实验得到的推断:

- 每个人耳可以视作一个通道, 具备缓存能力 (短时记忆)
- 复述方式一只需切换注意力1次, 故再现效果好
- 复述方式二需切换注意力3次, 故复述效果差

■ 实验结论: 支持了过滤器模型



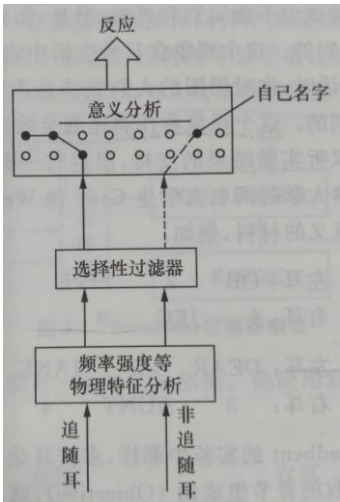
2. 衰减器模型 (Attenuation Model)

■ Treisman (1960) 提出衰减器模型



- 她认为过滤器并不是按“有或无”的方式来工作的，不是只允许一个通道（追随耳）的信息通过，而是既允许追随耳信息通过，又允许非追随耳信息通过，只是非追随耳的信号受到衰减，强度减弱了，但一些信息仍然可得到高级加工

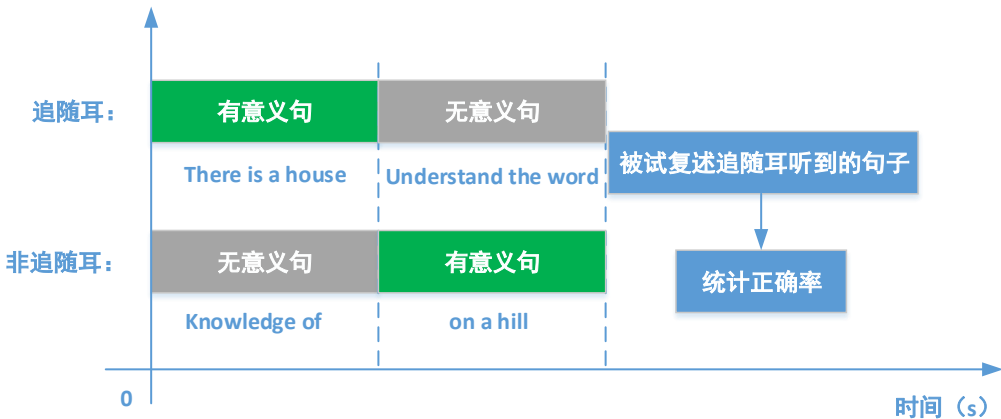
■ 双通道模型或多通道模型



Treisman追随程序实验 (1960)

■ 实验范式：追随程序 (Shadowing procedure)

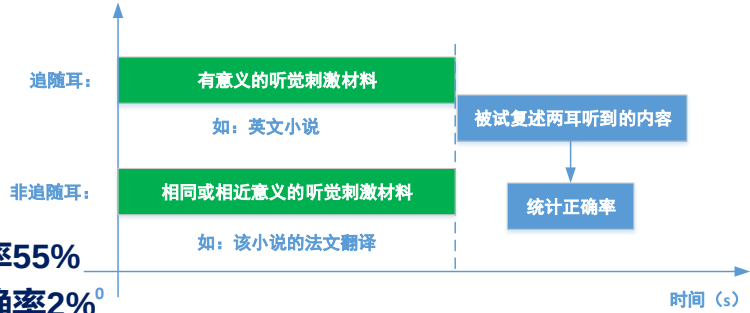
要求被试只注意并复述追随耳的信息，而忽略非追随耳的信息



Treisman追随程序实验 (1960)

- **实验结果：**
 - 大多数被试复述：There is a house on a hill，并错觉该句均来自追随耳
- **实验得到的推断：**
 - 人的注意力会去追随意义，而不自觉地从追随耳转到非追随耳
- **实验结论：**
 - 人可以同时注意两个通道的刺激
 - 对过滤器模型“只存在一条通向高级分析通道”的假设提出了反例

Treisman双听实验 (1964)

- **实验范式设计：**
- **实验结果：**
 - 法文好的被试正确率55%
 - 法文不好的被试正确率2%⁰
- **实验结论：**
 - 人可以同时注意多个通道，并且追随耳的信号所激活的项目使非追随耳相同或相近项目的兴奋阈限下降了（阈下知觉）
 - 支持了衰减器模型

鸡尾酒会问题

■ 心理学中研究的鸡尾酒会现象：

在鸡尾酒会的嘈杂背景噪音中，人们通常可以在交谈中突然注意到旁边有人提及自己的名字。这可以通过衰减器模型得到解释：一些刺激（比如自己的名字）拥有较低的兴奋阈值，可以在非追随耳中得到激活而被识别

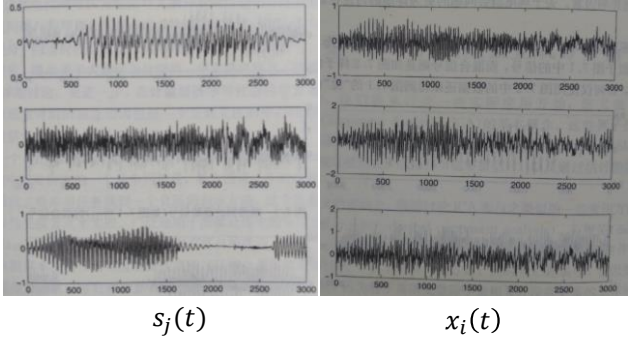
■ 信号估值理论中研究的鸡尾酒会问题

□ 输入：混合信号 $x_i(t)$

□ 未知：混合系数 $a_{i,j}$

□ 待估计量：源信号 $s_j(t)$

$$\begin{cases} x_1(t) = a_{11}s_1(t) + a_{12}s_2(t) + a_{13}s_3(t) \\ x_2(t) = a_{21}s_1(t) + a_{22}s_2(t) + a_{23}s_3(t) \\ x_3(t) = a_{31}s_1(t) + a_{32}s_2(t) + a_{33}s_3(t) \end{cases}$$



独立成分分析 (ICA)

■ 上述问题可解的前提条件：

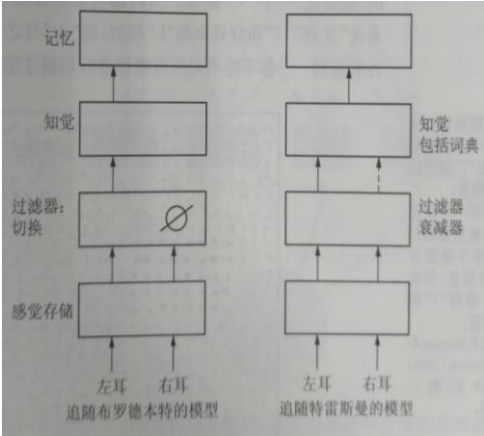
- 每个源信号是统计独立的
- 每个源信号具有非高斯的分布
- 接收混合信号的个数应大于或等于源的个数

■ FastICA（快速不动点算法）

1. 采用线性滤波器从观测中估计源： $y = \mathbf{b}^T \mathbf{x}$
2. 极大化 $\mathbf{b}^T \mathbf{x}$ 的非高斯性，就能够找到其中一个独立成分
3. 采用峭度可以度量非高斯性： $\text{kurt}(y) = E\{y^4\} - 3(E\{y^2\})^2$
4. 通过峭度的梯度优化出向量 $\mathbf{b}$ ： $\partial \text{kurt}(\mathbf{b}^T \mathbf{x}) / \partial \mathbf{b}$
5. 利用Gram-Schmidt正交化法则，逐个将其余独立成分估计出来

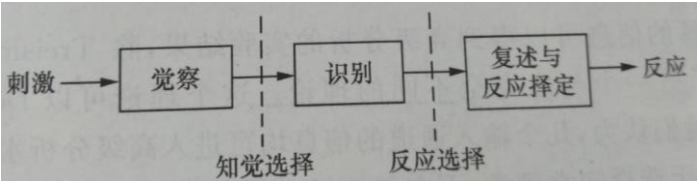
过滤器模型 v.s. 衰减器模型

- 共同点
 - 根本出发点相同：高级分析水平容量有限，需要过滤器调节
 - 过滤器的位置相同：处于初级分析和高级分析之间
 - 过滤器的作用相同：选择一部分信息进入高级知觉分析，注意选择都是知觉性质的
- 不同点：迟钝的耳朵与失聪的耳朵
- 合并称为Broadbent-Treisman过滤器-衰减器模型——**注意的知觉选择模型**

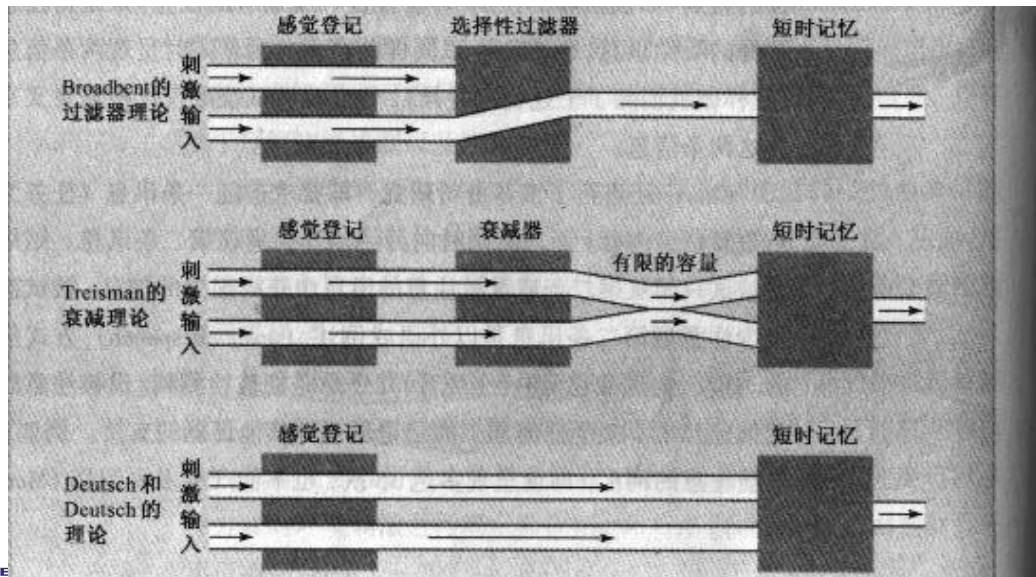


3. 反应选择模型，Deutsch and Deutsch(1963)

- 又称为**后期选择模型**，该模型认为几个输入通道的信息均可以进入高级分析，得到全部知觉加工，注意不在于选择知觉刺激，而在于选择对刺激的反应
- 中枢的分析结构可以识别一切输入，单输出是按照重要性来安排的，对重要的信息作反应，而对不重要的信息不反应，注意是对反应的选择
- 尽管这是一种“不经济”的工作机制，心理学界仍未在两者间形成定论



三个注意模型间的比较



4. 中枢能量理论, Kahneman(1973)

- 认为人们拥有一个容量有限的非特异的认知资源，这些认知资源可以被灵活的分配给人们面临的各种刺激和任务上
- 他并没有设想一个瓶颈结构，也没有过滤器，而是将注意看成人能用于执行任务的数量有限的能量或者资源，用这种能量或资源的分配来解释注意

中枢能量理论

- **能量分配模型**：个体能否同时完成任务X和任务Y，取决于个体完成这两个任务所使用的认知能量之间是否存在重叠与冲突，越是相互独立、不重叠，那么干扰就越小，个体同时完成两个任务的可能性就越大
- 解释了常见的**双作业操作**
 - 一面看书，一面听音乐
 - 一面开汽车，一面与人谈话
 - 一面听散文材料，一面学习一些视觉图片；但却不能一面听散文，一面学习听觉词汇

中枢能量理论

- 只要不超过总能量，人就可以同时接收两个或更多的输入，或进行多种活动
- 无论知觉选择模型或反应选择模型的实验，均可以得到统一解释
- 但中枢能量模型所主张的资源分配着眼于整体，而没有探讨内部加工阶段

Johnson双听实验 (1980)

■ 实验范式设计:

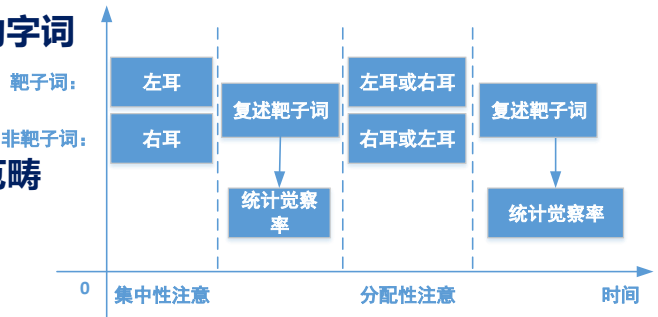
■ 靶子词: 事先规定的某个范畴的字词

■ 非靶子词:

□ 适宜——同一范畴

□ 不适宜——与其第二词义同一范畴

□ 中性——无关



Johnson双听实验 (1980)

实验结果:

■ 分配性注意中, 适宜性的非靶子词更有利于靶子词的觉察

■ 集中性注意中, 没有显著差异

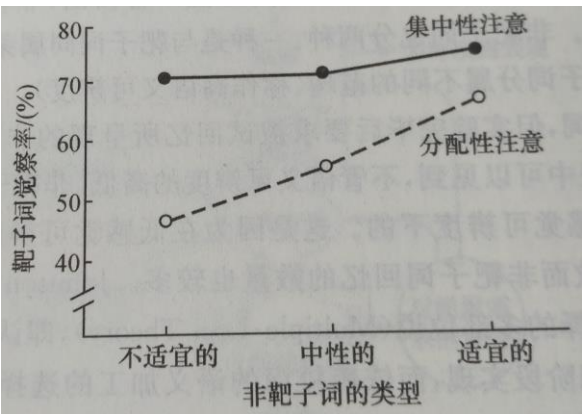
实验结果的解释:

■ 分配性注意中, 非靶子词得到语义加工, 应用资源较多

■ 集中性注意中, 非靶子词未得到语义加工, 应用资源较少

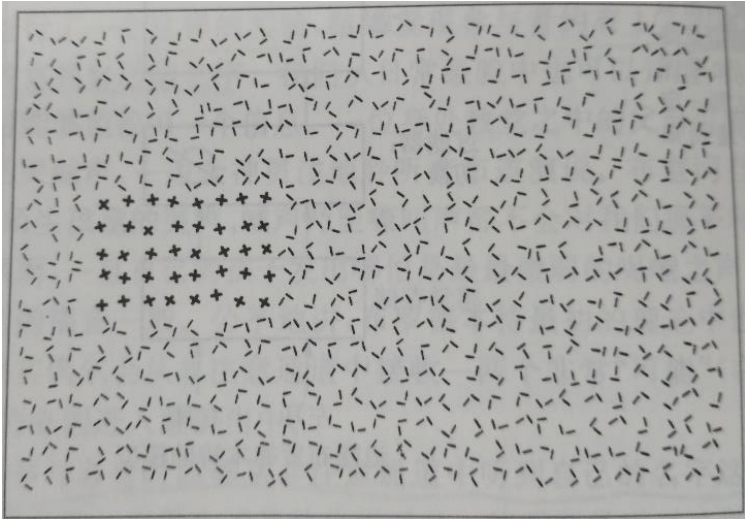
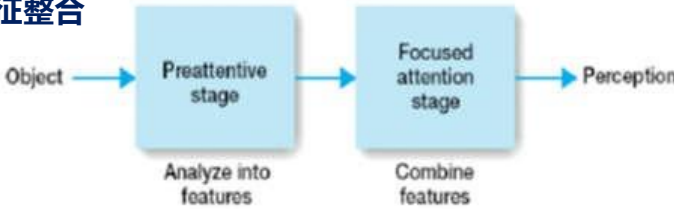
实验结论:

■ 不同资源分配导致觉察率的不同



4. 特征整合理论 (Treisman, Gelade, 1980)

- 以上模型多针对听觉注意，特征整合理论将其推广到视觉注意力研究
- 知觉过程分两个阶段：
 - 前注意阶段为**平行加工**，分析抽取特征，**不受注意的影响**——特征分析
 - 集中注意阶段为**序列加工**，把不同的特征捆绑整合为统一的整体，**需要注意的参与**——特征整合

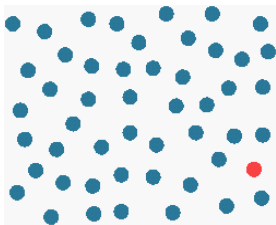


Julesz, et.al, Nature, 1971

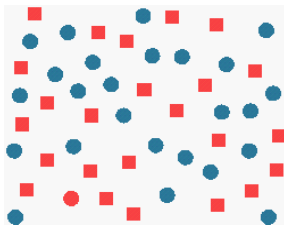
弹出效应 (Pop-out effect)

- Odd elements are easily detected when embedded in a field of distractors that are similar to each other and differ categorically from the odd element in one feature, such as color, orientation, motion direction or shape

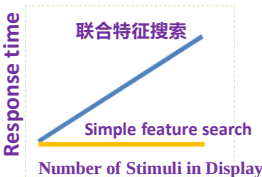
视觉搜索实验



单一特征搜索

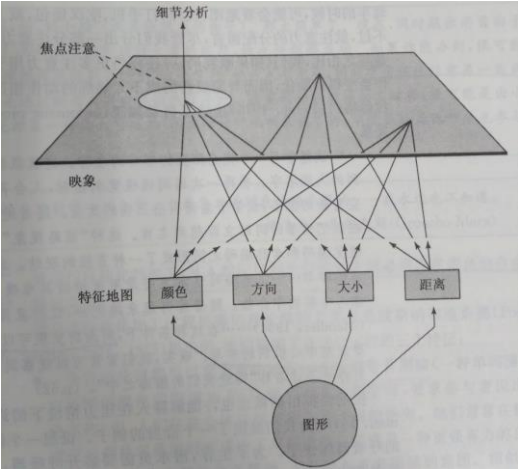


联合特征搜索

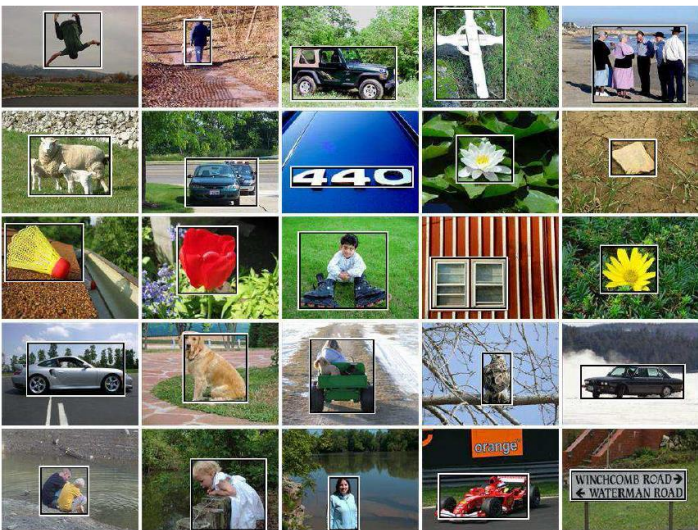


特征整合理论

- Treisman认为位于大脑皮层不同区域的特定特征地图对客体的不同空间属性进行了编码
- 在特征分析与特征整合两个相继进行的加工过程中，特征分析加工过程快速而有效，而特征整合加工过程更慢而且效率不高



计算视觉显著性 (Saliency) 的研究——问题



计算视觉显著性 (Saliency) 的研究——方法

- 多尺度对比特征：在高斯图像金字塔上对比每像素邻域内的相似性，假设显著物体内部通常具有较高的像素相似性，而边缘相似性较低

$$f_c(x, I) = \sum_{l=1}^L \sum_{x' \in N(x)} ||I^l(x) - I^l(x')||^2$$



计算视觉显著性 (Saliency) 的研究——方法

- 中央-周围直方图特征：假设显著物体与其周围区域往往具有较大的像素差异



计算视觉显著性 (Saliency) 的研究——方法

- 颜色空间分布特征：图像中所有颜色可以用高斯混合模型 (GMM) 来表征，据此可以衡量每个像素属于某个高斯元的概率。这里假设显著物体的颜色一般较为单一

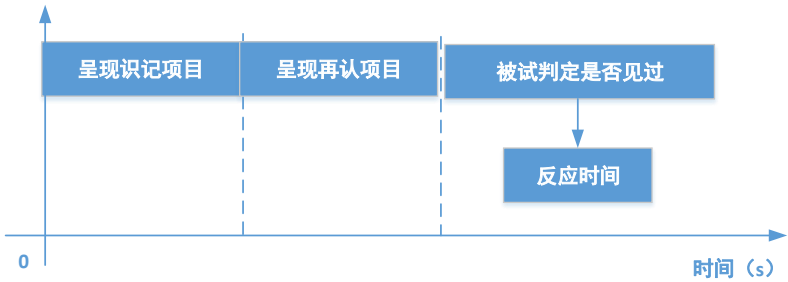


6. 控制加工与自动化加工

- Shiffrin & Schneider提出
- 认知加工过程按受注意的控制调节程度可分为控制加工和自动加工
- 控制加工 (controlled process) 需要注意力控制，以序列方式进行，相对较慢，但具有弹性
- 自动化加工 (automatic process) 很少或几乎不需要注意，以并行加工方式进行，相对较快，但缺少弹性
- 控制过程是容量有限的，并且在变化情境下可以灵活使用
- 自动化过程没有容量限制，并且一旦掌握就很难改变

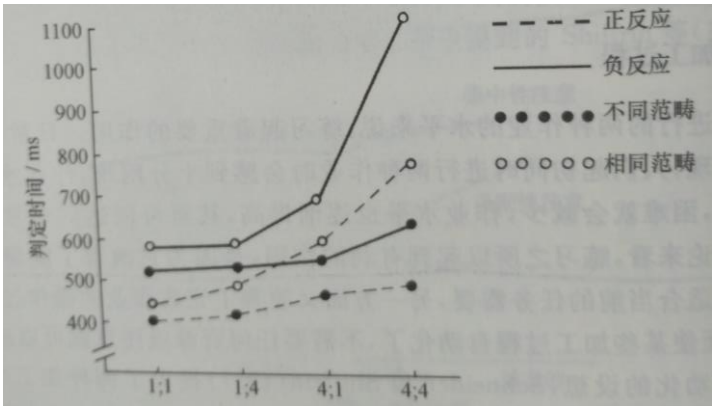
Shiffrin & Schneider视觉搜索实验 (1977)

- 实验范式中设计的控制量：
- 识记/再认项目： 1, 4
- 不同范畴条件：再认项目为字母与数字的混合
- 相同范畴条件：再认项目为纯字母或纯数字
- 正/负反应：发现是/否有见过的项目



Shiffrin & Schneider视觉搜索实验 (1977)

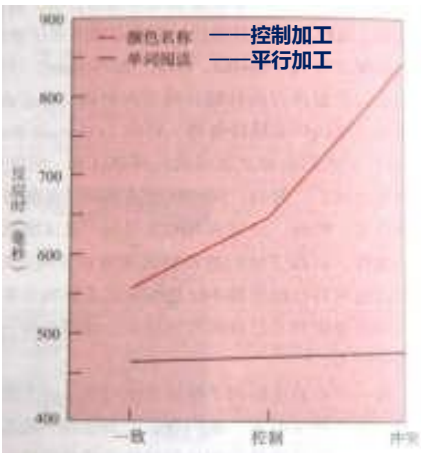
- 实验结果的解释：
- 相同范畴条件下，启用的是序列方式起作用的控制加工
- 不同范畴条件下，启用的是平行方式起作用的自动加工
- 因此表现出不同的判定速度



Stroop实验范式 (1935)

被试任务：命名颜色词的书写颜色

House	Green	Red
Cat	Red	Yellow
Ball	Blue	Green
Table	Yellow	Red
Rock	Red	Blue
Tree	Green	Yellow
Book	Yellow	Blue
Rope	Red	Yellow
Fish	Blue	Green
Water	Green	Red
Spoon	Red	Blue
Gun	Yellow	Red
Foot	Blue	Green
Dog	Green	Blue
Baby	Blue	Yellow



医学应用：在研究注意缺陷多动症 (ADHD) 上得到广泛应用

实验结果：颜色命名受到词汇语义的干扰，语义的自动激活难以抑制

自动加工的启示

- 自动加工使得人的记忆到动作控制之间存在着信息的自由流动
- 自动过程很少或根本不消耗意识资源，可以将意识解放出来，是一种节省能量的人类本能
- 大量的练习能够催生出自动加工——熟能生巧
- 已经形成的自动加工很难改变——养成好习惯的重要性
- 日常生活中偶尔发生的心不在焉的小错误，大都起源于自动加工——不拘小节