

脑与认知科学导论复习提纲

by Kuang Yuan

一、绪论及脑科学的发展历史

1. 通用人工智能的目标是制造出真正能推理和解决问题的智能机器。
2. 研究类脑的智能计算并非复制人的大脑，而是模拟人类大脑的功能，仅研究人的思维活动或记录脑中所有神经元不可能研制出真正的智能机器。从人脑中借鉴原理，受到启发。
3. 特定的大脑区域负责某项独立的功能，但这些区域组成的网络以及它们之间的连接才是人类表现出整体行为的原因。
4. 人工智能的联结主义：通过模拟人脑中神经网络来处理信号，信号通过类似于神经元间的连接方式从一个节点传到另一个节点。
5. 感知机模型：1 单层感知机无法解决非线性可分的问题 2 当时电脑算力不足
6. 深度神经网络的不足：1 需要大量的训练数据和时间 2 会犯人类不会犯的常识性错误 3 缺乏完善的理论基础

二、脑科学基础：神经系统的细胞机制

1. 神经系统细胞分为神经元和神经胶质细胞。神经元进行信息传递和加工；神经胶质细胞对神经元提供结构支持，保证神经元间的信息传递更为有效。
2. 神经元包含细胞体，树突（突触后），轴突（突触前）。
3. 棘：树突表面的球状突起，突触通常位于这些棘上，有时也存在于细胞体等神经元的其他部位。
4. 突触负责神经元之间的信息传递，在树突上的空间分布具有特异性。（感知位置重叠，突触位置近）
5. 根据树突和轴突的形态，将神经元分为4类：
 1. 单极神经元：只有一个远离细胞体的突起，分支形成树突和轴突，常见于无脊椎动物。
 2. 双极神经元：通过树突接收来自一端信息，并通过轴突传至另一端。参与感觉信息传递和加工。
 3. 假单极神经元：树突和轴突融合的双极。将躯体感觉信息传递到中枢神经系统。
 4. 多极神经元：存在与神经系统的多个区域，参与运动和感觉信息的传递与加工，如人脑中的神经元。

形态学相似的神经元倾向于集中在神经系统的某一特有区域，并具有相似的功能。

6. 胶质细胞：数量远多于神经元，占脑容量一半以上。包括：星形胶质细胞；小胶质细胞；少突胶质细胞和许旺氏细胞，以同心缠绕的方式包绕在轴突周围形成髓鞘。
7. 髓鞘损伤会导致信号传递减慢或阻断。刻意练习可使髓鞘增厚。

神经元的信息传递

8. 神经元是神经系统传递信息的基本功能单位，通过对信息的接收和加工，并传递给其他神经元，构成了局部或长程的神经环路。
9. 主要过程：
 1. 信息接收：化学信号（神经递质或气味），物理信号（触视觉信号）
 2. 动作电位产生
 3. 动作电位传递
 4. 神经递质释放

10. 磷脂双分子层：离子、蛋白质和其他水溶性分子无法直接通过。
11. 离子通道：由跨膜蛋白质构成，允许带电离子通过。被动型离子通道：状态不变，只对某些离子开放；主动型离子通道：在电、化学、物理刺激下开放或关闭，参与产生动作电位。
12. 静息电位：胞内K高，胞外Na高，离子通道渗透性 $K \gg Na$ ，形成细胞膜外正内负的电荷梯度，阻止离子进一步沿浓度梯度流动。离子在浓度梯度和电荷梯度的共同作用下达到动态平衡，产生静息电位（-40 ~ -90mV）
13. 接收信号后，电位两种变化：
 1. 去极化：兴奋性突触后电位，使电位差变小，更容易产生动作电位。
 2. 超极化：抑制性突触后电位，电位差变大，不容易产生动作电位。
14. 去极化程度未达到启动阈值，则不会引起动作电位。达到或超过阈值，均引起相同振幅的动作电位，具有全或无的特点。
15. 动作电位两阶段：
 1. 快速去极化：Na离子通道开放，进入神经元，进一步加强膜去极化，使Na离子快速流入，动作电位快速上升形成尖峰。该正反馈：霍奇金-赫胥黎循环。
 2. 复极化阶段：Na离子通道快速减弱，直至完全关闭。K通道缓慢开放，流出神经元，动作电位下降。复极化的最后阶段完全由K通道控制，此时动作电位处于静息电位之下，进入短暂的超极化状态，随后恢复。
16. 不应期：复极化过程中暂不能产生新的动作电位。
 1. 绝对不应期：Na通道失活，无论如何刺激均不产生。
 2. 相对不应期：在1之后，因超极化现象导致更难达到启动阈值，只有高于正常强度的刺激才能重新产生动作电位。
17. 高度绝缘性的髓鞘使动作电位沿轴突的传递速度显著增加。相邻髓鞘之间的郎飞氏结上通过跳跃式传导进行快速传递，120m/s。
18. 神经元通过动作电位的发放率对信息进行编码。受限于动作电位的不应期，发放率存在上限，例如人类听觉神经元发放率<1kHz。
19. 还有相关性编码，信息通过两个或多个邻近神经元的共同激活进行编码。发放率编码可以完成快速的信息编码，更具时效性；相关性编码可以利用更少的动作电位来传递信息。
20. 使用ReLU代替sigmoid作为激活函数，模仿神经元发放率编码方式的稀疏性特点，只激活部分神经元，增加稀疏性。降低层数较多时反向传播训练误差。
21. 突触类型：
 1. 化学突触：动作电位达到轴突末梢，引起末梢去极化，钙离子流入末梢，信息编码为不同类型/数量的神经递质分子，释放至突触间隙，扩散至突触后膜，引起突触后神经元去极化或超极化。
 2. 电突触：缝隙连接形成穿膜的孔道，直接传递电信号，快速传导信息。但不能传递抑制性信息，也不能放大信号。
22. 兴奋性神经元引起突触后神经元更容易产生动作电位，抑制性神经元引起更难产生动作电位。
23. 神经回路：神经元之间相互连接，共同实现某一特定功能的神经元集合。最简单的神经回路仅包含一个感觉神经元和一个运动神经元，如膝跳反射的神经回路。（伸肌收缩，屈肌松弛）
24. 神经回路的基本模式：收敛式兴奋，发散式兴奋，前馈兴奋，反馈兴奋，复发性兴奋（侧兴奋），前馈抑制（对兴奋时间、强度进行控制），反馈抑制，复发性抑制，侧抑制，去抑制。
25. 突触输入的空间分布：
 1. 兴奋性：树突棘
 2. 抑制性：树突棘、树突轴、胞体和轴突起始段
 3. 调节性输入：树突、胞体、突触前末梢。释放调节性神经递质，可影响神经元的兴奋性和突触传递效率。

空间分布对信息编码有重要意义。细胞体上输入的信号，电压最大，上升和衰减最快。距离细胞体越远，电压越小，上升和衰减速度越慢。

26. 多个突触输入信号整合：空间整合，不同的树突上同时收到两个输入；时间整合，同一突触先后收到两个输入。

三、人脑的基本结构和功能

1. 对大脑神经结构研究的层面：微观层面，精细解剖学，神经元甚至亚细胞结构之间的组织关联；宏观层面，大体解剖学，可以用肉眼区分的整体结构及关联。
2. 神经系统构成：中枢神经系统，脑和脊髓，进行命令和控制；周围神经系统，负责传递信息。
3. 额叶，顶叶，颞叶，枕叶。Brodmann分区，按细胞形态和结构划分，52个分区，与脑功能分区不完全重合。
4. 胼胝体：由发源于皮质神经元的轴突构成，是神经系统中最大的白质联合，是连接左右大脑半球的神经束。
5. 大脑皮质上存在大量沟回，增加了皮质的总面积，便于神经元之间形成紧密的三维联系。
6. 皮质由多层细胞构成，平均厚度3mm，包含神经元的细胞体、树突和部分轴突，被称为灰质。皮质下是由神经元轴突构成的神经束，成为白质。
7. 大脑皮质中包含300亿个神经元，每个神经元产生约1万个突触。大脑皮质的微观结构模式相对统一，由多层神经元构成，可能采用某种通用的计算模式进行信息处理。
8. 分层模式：
 1. 新皮质：占90%，6层细胞，神经元组织方式具有高度特异性。包括感觉皮质，运动皮质和联合皮质。
 2. 中间皮质：6层神经元。包括扣带回、海马旁回等边缘系统中的皮质。
 3. 异质皮质：1-4层，包括海马、初级嗅皮质。

大脑皮质的功能分区

1. 额叶中的运动皮质，在运动的执行方面起重要作用。
2. 顶叶中的躯体感觉皮质，接受来自丘脑的躯体感觉输入，包括触觉、痛觉、温度和本体感觉。
3. 枕叶中的视觉加工区。初级视觉皮质接收丘脑外膝状体传来的视觉信息，6层细胞对信息精细编码和加工，将视觉信息传递给高级视觉皮质进一步处理。
4. 颞叶中的听觉加工区，来自耳蜗的听觉信号通过丘脑的内侧膝状体最终到达颞叶上部的听觉皮质，经信息加工后形成对声音的感觉。
5. 对于躯体感觉和运动信息的加工，大脑皮质（感觉、运动）和身体之间存在空间拓扑关系。
6. 新皮质中不能单纯划分为感觉或运动的皮质称为联合皮质，接收多个皮质区域的输入信息，细胞被不止一个感觉通道的刺激激活。哺乳动物进化过程中，脑特别是新皮质面积增大，其中联合皮质占比最大。
7. 前额叶皮质属于联合皮质，占额叶皮质的一半，包含大量的神经网络，与几乎所有的大脑皮质都存在直接或间接联结。前额叶皮质在人对实现某种目标所采取行动的计划、执行、记忆等认知过程中发挥重要作用。
8. 边缘系统，参与情绪、学习和记忆的加工：
 1. 海马 位于颞叶的腹内侧，属于异质皮质，仅有3-4层神经元构成。在记忆和学习方面有重要作用。
 2. 丘脑 皮质的关口，除了嗅觉外其他感觉信息都要经过。
 1. 视网膜神经元，外侧膝状体，初级视皮质

2. 内耳听觉神经元，内侧膝状体，初级听皮质
3. 躯体感觉神经元，腹后侧核团，初级躯体感觉皮质

还接收来自相同皮质区域的输入信息。

3. 下丘脑。神经系统，内分泌系统。接收边缘系统等其他脑区的输入信息以调节生理周期的节律，输出信息到前额叶皮质、垂体，向血液中释放激素。
4. 扣带回、海马旁回、杏仁核
9. 基底神经节，皮质下多个神经组织的集合，在运动控制中起重要作用。参与监控运动活动的进程，不直接控制。
10. 脑干位于脑和脊髓之间，包括中脑、脑桥和延髓，控制呼吸、睡眠等意识，损伤相对于皮质大多致命。
11. 小脑覆盖于脑干上部，处于脑桥水平位置，有约110亿神经元，与中枢神经系统其余部分相当。参与运动和感觉信息加工，整合身体和运动信息并调整运动，协调流畅。
12. 脊髓：后角的感觉神经元接收感觉信息并传导到大脑皮质，前角的运动神经元将大脑产生的运动控制信息传递到相应的肌肉组织
13. 输出相关的神经系统：1 运动系统，控制骨骼肌实现人体运动。2 自主神经系统，控制平滑肌心肌收缩，调控内脏功能。3 神经内分泌系统，分泌激素调节人的生理和行为。丘脑是后两者的共同调节中心。
14. 神经系统的运动控制具有分布式、跨越不同层级的特点：
 1. 底层脊髓提供神经系统和肌肉的连接，进行简单的反射运动。接收神经元输入的感觉信息，将运动控制信息转变成具体动作。
 2. 高层的大脑皮质处理当前感觉输入信息，对运动目标进行执行和计划（联合皮质），在小脑和基底神经节的辅助下，运动皮质和脑干将动作指令转化成动作。不关心运动的细节

四、大脑半球特异化

1. 左右大脑半球在整体结构和功能上有很高的相似性，但在少数特定功能上有明显的差异。
 2. 胼胝体包含超过2亿条神经纤维，是连接两大脑半球相互交流信息的重要途径，多数连接等位区域，少数连接异位区域。
 3. 裂脑人可以用语言确认从右眼输入的视觉信息，不能确认左眼。但可以通过左手动作确认从左眼输入的视觉信息。因为左侧大脑半球具有语言处理能力，右侧大脑半球具有物体辨识能力。
 4. 左侧：语言信息处理能力（裂脑人、双耳分听实验）、逻辑推理能力。右侧：空间信息处理、陌生人人脸识别、语言中的情绪信息处理。
 5. 空间能力：右侧擅长定量空间坐标关系，左侧擅长抽象的空间范畴关系。
 6. 在对裂脑人的大量研究成果基础上，斯佩里提出了全新的“左、右脑分工理论”
- 左：语言、逻辑、计算、分析，逻辑规则和概念知识的因果推理。右：空间、音乐、直觉，物体时空关系的因果感知。
7. 大脑半球相互激活会有信息处理和输出控制一致性的问题。输入信息独立，信息传递延迟大。将输出功能集中于大脑的某一侧半球（左侧），实现输出一致性。
 8. 生成装配器（GAD）假说：大脑的某个单侧半球进化出一个从单词、手势等少量基本元素中产生复杂连续表征的装置，从而实现以生成式认知为主的行为和思考模式。（生成模型）
 9. 大脑半球的视觉信息处理特异化：
 1. 视觉信息在大脑中被层级化表征，左脑擅长表征局部信息，右脑擅长表征整体信息
 2. 空间频率假说：人脑的视觉信息处理系统由空间滤波器构成，右脑低通，左脑高通。
 3. 两侧信息进一步通过胼胝体整合后形成对物体的全面感知。
 4. 可解释右脑擅长性别判断，左脑擅长熟悉人脸识别。

10. 记忆表征特异化：左脑擅长抽象、范畴化的原型记忆，右脑擅长具体、特例化的样例记忆。
11. 情感信息处理特异化：左脑前额叶皮质擅长积极情感信息处理，右脑前额叶皮质擅长消极情感信息处理。
12. 概率决策特异化：左脑解释器构建理论，解释所观察的现象（解释器假说），右脑更擅长简单现象的决策。
13. 胼胝体功能假说：抑制性，两侧大脑竞争信息处理的控制权；激活性，整合输入信息，促进信息处理。

五、感觉和知觉

1. 知觉是一系列组织并解释外界事物的感觉信息（视、听、躯体、嗅、味）加工过程。知觉的产生以感觉为前提，同时进行。感觉是个别属性的认知，知觉是整体认识，受个人知识经验的影响。
2. 嗅觉是最古老的感觉信息，相关基因约占人体全部编码基因的3%。
 1. 感受器直接暴露于外界，鼻黏膜有超过1000种感受器（双极神经元），感觉信息与嗅小体整合，通过嗅神经不经过下丘脑直接到达初级嗅皮质。初级嗅皮质与探测气味变化相关，次级嗅皮质与分辨气味类型相关。
 2. 每种气味都由特定的嗅小体激活空间模式进行表征。
 3. 嗅觉信息传递过程中有大量局部中间抑制性神经元参与，构成侧抑制神经回路。提高对相似物体的分辨率、增益控制、控制动作电位的时间间隔用于编码
 4. 高气流流速鼻孔（大）对高吸收率气体敏感，低对低敏感，左右鼻孔大小随时间变化，可以同时感知具有不同吸收率的气体分子。
 5. 气味与个人记忆存在密切联系，因为嗅皮质与边缘系统直接连接。海马损伤的病人气味识别能力也严重受损。
3. 有约10000个味蕾。味蕾中的味觉感受器被激活后，味觉信息传递至丘脑中的腹后内侧核，然后进入初级味觉皮质和次级味觉皮质，形成复杂的味知觉。
4. 躯体感觉包括触觉、温度、疼痛、本体感觉等信息，有不同的感受器。通过脊髓、脑干传递至对侧丘脑，进入初级躯体感觉皮质、次级躯体感觉皮质、小脑等。初级躯体感觉皮质的面积取决于相应感觉信息的重要性，次级躯体感觉皮质中的神经元可以编码更复杂的物体纹理和大小等信息。
5. 听觉的主要功能包括对环境的感知和同类的识别交流：
 1. 声波引起耳鼓振动及内耳中的液体振荡，刺激内耳耳蜗中的初级听觉感受器毛细胞将机械信号转换成动作电位。听觉信息通过丘脑的内侧膝状体后到达初级听觉皮质。
 2. 听力范围20-20k，最敏感1k-4k。低频信号，动作电位每个周期都发放，高频信号，单个神经元只在部分周期发放。
 3. 单个神经元不能给出精确的频率信息，感受野频率范围较宽，频率选择特性不好。听觉信息传递过程中，神经元的频率选择特性逐渐增强。
 4. 听觉信号依赖于多个神经元的联合编码。大脑听觉区具有特定的频率激活空间模式，有助于联合编码。
 5. 空间定位：耳间时差（时间同步编码，有同步检测器，确定水平位置），耳间强差（信号强度编码，通过神经元的发放率编码，确定竖直位置），再整合两者信息。
6. 视网膜感光细胞接收光子并转换为电信号，由视网膜上的神经元进行处理，通过视神经传入大脑。
7. 视杆细胞：分布在整個视网膜，感受低光刺激，产生低精度视觉，主要在晚上工作，响应慢；视锥细胞：集中在中央凹，强光、高精度、对不同颜色敏感、白天、响应快。
8. 视锥细胞根据感光度可分为蓝色、绿色和红色。视觉对长波光更加敏锐，红绿占大多数。红绿色盲。
9. 视觉处理从外界的光信号中提取出有效的（有价值的）特征信息，1亿-100万

10. 感受野：视觉神经元仅对有限区域的光信号产生反应。中间兴奋-外周抑制神经元，通过侧抑制的神经回路，将抑制信号传输给邻近的视觉神经元突触前末梢，可放大感光细胞之间的兴奋性差异，提升信噪比。
11. 视神经的颞侧分支沿同侧传递，鼻侧分支沿对侧，使左视野进入右侧大脑，右视野进入左脑。
12. 视神经进入大脑通路：
 1. 90%：丘脑外侧膝状体，初级视皮质
 2. 10%：皮质下结构
13. 视神经通路（通路1）的功能特异化：
 1. P通路，沿外侧膝状体的小细胞层，神经元感受野小，传递高敏锐度和色觉的视觉信息
 2. M通路，沿外侧膝状体的大细胞层，感受野大，传递亮度的视觉信息，具有好的对比和时间分辨率。
14. 外侧膝状体的神经元具有和视网膜神经元相似的中心-外周型感受野，对圆形光斑信号敏感。
15. Hubel和Wiesel：
 1. 初级视皮质简单细胞对特定方向光条敏感，具有中间兴奋-外周抑制的条状感受野，具有检测线条和轮廓的功能。
 2. 初级视皮质复杂细胞有更大更复杂的感受野，对任何位置上特定方向的光条均非常敏感，对空间信息做进一步整合，识别感受野中所有线条轮廓，比简单细胞具有更抽象的线条和轮廓检测能力。
 3. 外侧膝状体神经元感受野线性排列组成简单细胞感受野，之后相邻区域同向排列组成复杂细胞感受野。
 4. 前馈模型假说：视觉通路的神经元感受野组织在一起构成层次化的前馈计算模型，每个层级都对上一个层级内神经元传来的信息进行处理和表征，最终提取出重要的视觉信息。（CNN）
 5. 初级视皮质的两个组织原则：视网膜拓扑学映射，视皮质特定部位接受来自视网膜对应部位的信息。功能架构，相同特性的神经元排在与皮质表面垂直的轴上（皮质柱）
 6. 初级视皮质以垂直的皮质柱为基本单位发挥功能，同一个皮质柱内的神经元具有相似的功能特性。
16. 皮质柱内的神经环路：LGN(外侧膝状体) - L4 - L2/3 - L5 - L6
17. 视觉信息的分布式处理假说：不同的视皮质区域分别从V1（初级视皮质）的视觉信息中形成颜色、运动等知觉，再进一步形成对事物的全面感知。
 1. MT (V5) 区神经元：运动知觉，朝特定方向运动时，兴奋性最强，兴奋性与运动速度有关。单侧半球MT区损伤对运动知觉影响较小，双侧半球损伤会导致运动知觉丧失。
 2. V4区：颜色知觉，全色盲是由V4区受损引起的，对所有颜色均无法感知。V4还是参与形状知觉的次级视觉区，颜色可提供物体形状的重要信息。患者无法识别渐变颜色的细微差别，从而丧失了对莫奈作品中人物的形状知觉。
 3. 深度视觉来自于：双眼视差、运动遮挡、物体在视网膜上的成像大小。因存在多种信息来源，所以深度视觉完全丧失的现象极为罕见。
 4. 空间通路/背侧通路：处理运动和深度信息，V1-V2-V3-MT，由M通路输入，由顶叶皮质输出。
 5. 内容通路/腹侧通路：处理形态和颜色信息，V1-V2-V4，由MP输入，颞下皮质输出。
18. 多种感觉信息的整合形成对外界环境统一的多感觉表征，使知觉更加准确、高效。

六、物体识别

1. 背侧通路流入的顶叶皮质神经元：可被物体的空间变化激活，对大小形状不敏感。40%的神经元感受野位于视野中央（中央凹），其他在中心视野两侧。检测物体空间位置/运动信息。
2. 腹侧通路流入的颞下皮质神经元：感受野全都位于中央凹，一部分神经元可被不同形状、大小的物体所激活，其他神经元仅能被特定复杂物体激活（如被手特异性激活）。物体识别。
3. 背侧通路损伤，视觉性共济失调。可以识别物体，但不能通过视觉信息引导动作。

4. 腹侧通路损伤，视觉失认症。物体识别能力严重下降，对物体三维方向知觉存在障碍，但基于视觉的动作控制和记忆表现正常。
5. 背侧和腹侧通路在功能上存在密切联系：顶叶对腹侧通路的视觉注意控制起关键作用，深度等空间信息对复杂场景中的物体识别也有帮助。
6. 物体恒常性：在视角、距离、光照等因素发生变化的前提下，对物体的视知觉仍然保持不变。同时恒常性现象不会影响对相似物体之间细微差别的感知。影响恒常性的因素：观察者位置、亮度变化、遮挡。
7. 大脑用于物体识别的信息：物体形状（最重要），物体表面颜色、纹理，物体的运动。
8. 外侧膝状体神经元（点）- V1简单细胞（边）- V1复杂细胞（平行边、拐角）- 腹侧通路神经元（复杂形状、物体局部）- 颞下皮质神经元（物体）
9. V1区皮质柱的长程水平连接可能与复杂形状表征有关。
10. 物体识别编码假说：
 1. 单一神经元编码假说：一个可识别复杂物体的神经元（知识单元）被激活。独热表征，噪声大，太脆弱，泛化能力差。
 2. 集群神经元编码假说：多个相关神经元集体被激活。分布式表征，符合视觉信息的分布式处理假说，噪声小，反脆弱，泛化能力强。（能识别不同的手，包括手套）
11. 视角相关性：
 1. 视角相关假说：物体识别需要依赖特定视角下的物体表征，记忆中保存大量视角，物体识别即快速匹配。若视角非常罕见，则需要对新视角下的视觉信息与记忆中视角相关表征的关系进行推理，视角差异增加，判断时间变长。（神经网络全新视角合成）
 2. 视角不变假说：建立不受视角影响的物体基本表征进行物体识别。Marr视觉计算理论，基本表征是主轴和次轴。
 3. 可能同时存在视角相关和视角不变识别机制。左脑腹侧通路对重复出现物体的表现与视角无关，右脑有关。
12. 视觉的物体失认症：对物体的形状、颜色和动作知觉均正常，但不能根据视觉信息正确识别物体，是一种视觉认知障碍。
 1. 统觉性失认症：无法形成正常的物体视觉表征，与腹侧通路损伤有关。对常见物体的形状、颜色知觉无明显异常，但无法正常识别物体，尤其是形状信息不显著时。
 2. 患者的物体恒常性丧失，可以识别常见视角和光照，不能识别非常见视角和光照。当视觉信息不能和记忆中存储的物体表征快速匹配，需要进一步推理时，物体识别能力显著下降。与右侧大脑半球视觉皮质损伤密切相关（右脑在物体恒常性起主导作用）
 3. 复杂场景中的恒常性丧失：可以识别单个物体的不同视角和光照，但不能识别重叠物体。缺乏对物体的整体表征，导致无法分离物体。
 4. 联络性失认症：恒常性正常，但无法对物体进行命名和描述。左侧大脑半球皮质损伤。
 5. 两种患者都不能完成物体的功能匹配任务：统觉性在视觉信息不常见时无法形成物体表征，联络性能形成物体表征，但是无法获得功能、名称等信息。
13. 物体识别的认知模型包括：
 1. 知觉分类：两侧大脑半球腹侧通路协同形成物体的视觉表征，然后在右侧大脑半球中与记忆存储的物体表征匹配，产生物体知觉。
 2. 语义分类：在左侧大脑半球中将物体知觉与记忆存储的物体名称、功能等相联系。
14. 联络性失认症患者对不同物体范畴的识别能力存在明显差异。物体知识组织方式产生了物体识别的范畴特异化现象，不会破坏全部物体知识。
 1. 基于范畴的物体知识组织方式假说：依据不同的范畴关系进行层次化组织（动物、工具）
 2. 基于表征的物体知识组织方式假说：依据不同的表征方式（视觉表征：不同的形状颜色纹理，功能表征：切割）
 3. 建立包含物体视觉、功能表征的人工神经网络模型（分布式），可以验证假说2。视觉表征神经元无法激活，难以识别生物，对无生命物体的识别能力降低相对有限。功能表征相反。

4. 范畴特异化的本质是识别生物和非生物的信息来源不同。失认症患者通常对无生命物体的识别能力更好，因为使用物体时的其他感觉表征补充了视觉识别能力的不足。
15. 面孔失认症：人脑存在独立于其他物体识别的面孔识别系统（物体失认症患者可以识别面孔、面孔失认症患者可以识别精细物体，对倒立面孔识别能力更好）
16. 颞下皮质存在可被面孔特异性激活的神经元。面孔视觉信息流动方向：ML/MF区：被特定视角的面孔激活 -> AL区：能被特定视角+镜像激活 -> AM区：能被不同视角激活。
17. 颞叶中存在梭状回面孔区（FFA），在面孔识别中起重要作用。对其它物体进行精细识别时，除面孔区之外的梭状回区域被激活。
18. 面孔识别的核心皮质通路：视皮质 -> 枕叶面孔区（面孔局部）/ 颞上沟（面孔表情） -> 梭状回面孔区（面孔整体信息处理、面孔识别）
19. 右脑在自己面孔的识别中起主导作用。在看到自己照片时有更明显的激活，（癫痫）可以从合成照片中识别自己的面孔。
20. 物体识别的双系统假说：大脑存在整体视觉信息处理系统和局部视觉信息处理系统。
1. 单词：局部
 2. 面孔：整体。面孔失认症患者无法通过面孔的整体视觉信息进行识别
 3. 其他物体：整体局部双系统
21. 马尔视觉计算理论，物体推得形状信息三个表征阶段：
1. 初始简图：亮度变化和局部几何特征。
 2. 2.5维简图：处理初始简图，得到表面几何特征的表征，表面朝向，观察者的距离，提供表面形状的多方面信息。
 3. 三维简图：2.5维简图坐标系以观察者为中心，变为以物体为中心。

该理论的困难：

1. 根据图像数据确定表面点的特性需要增加附加的约束条件
2. 逐点运算计算量巨大
3. 缺乏目的性和高层知识反馈，导致三维重建框架不可行
4. 缺乏利用机器学习手段