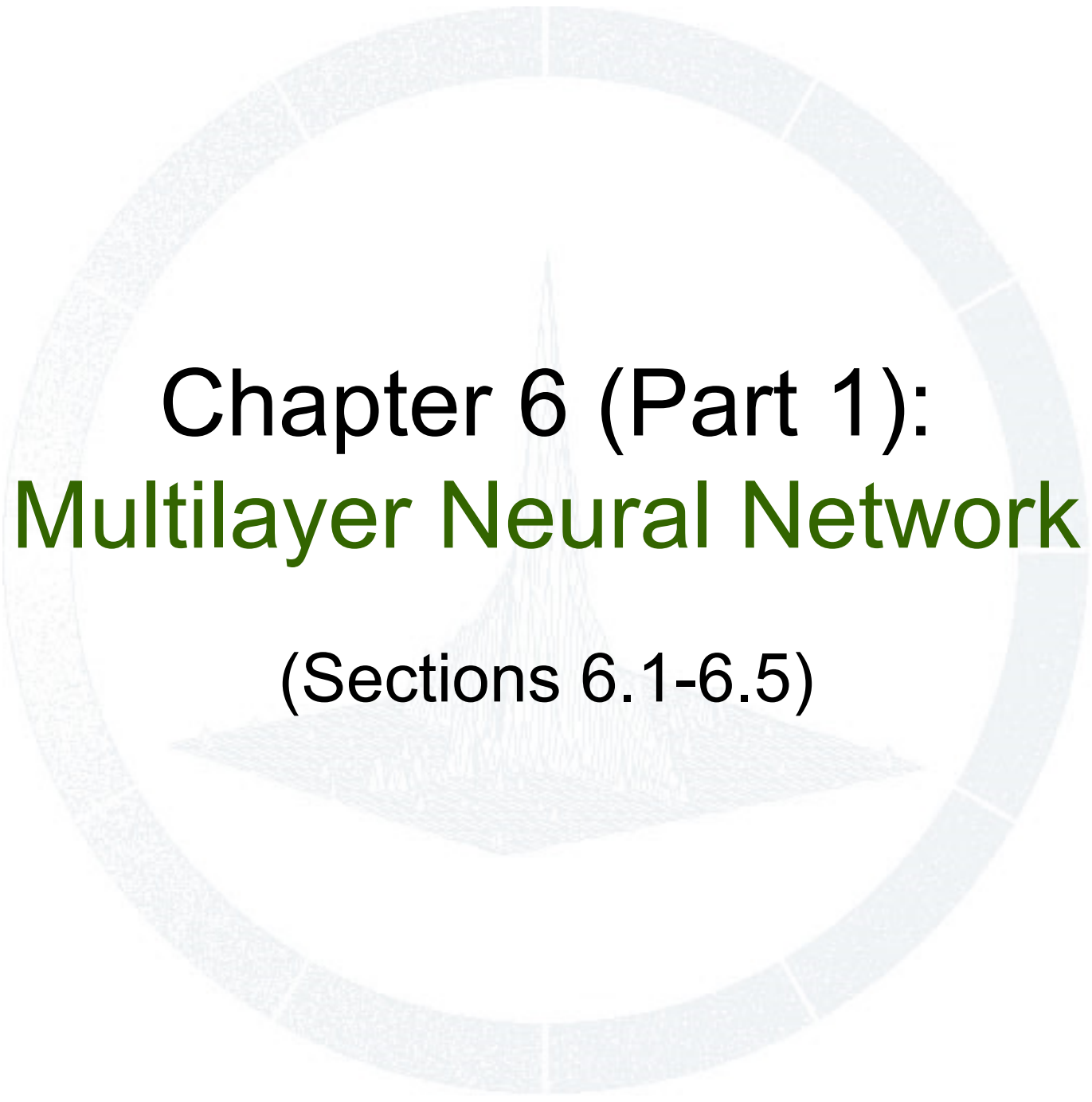




# 模式识别的理论与方法

## Pattern Recognition

裴继红



# Chapter 6 (Part 1): Multilayer Neural Network

(Sections 6.1-6.5)

# 本讲内容

- 智能科学与人脑
- 大脑神经系统
- 人脑信息处理的机制
- 人工神经网络概述

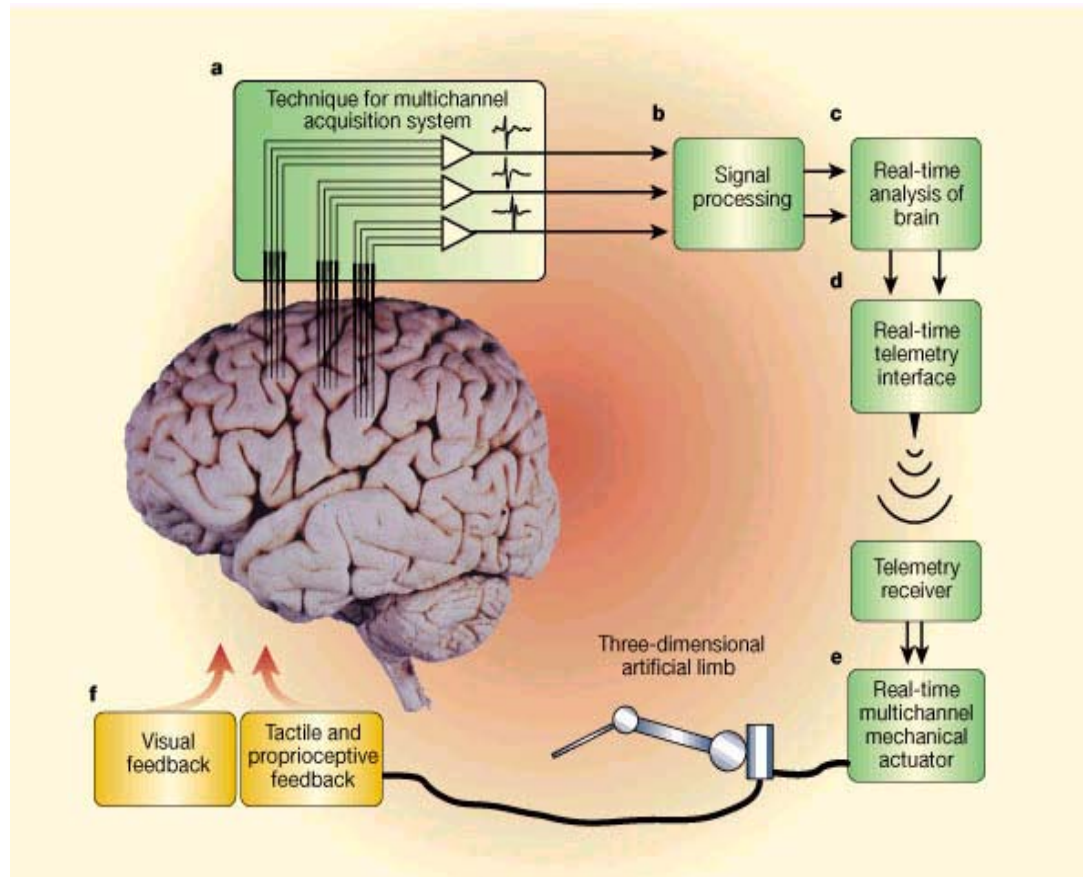


# 智能科学与人脑

智能

不仅要  
功能  
模拟

而且要  
机理  
模拟



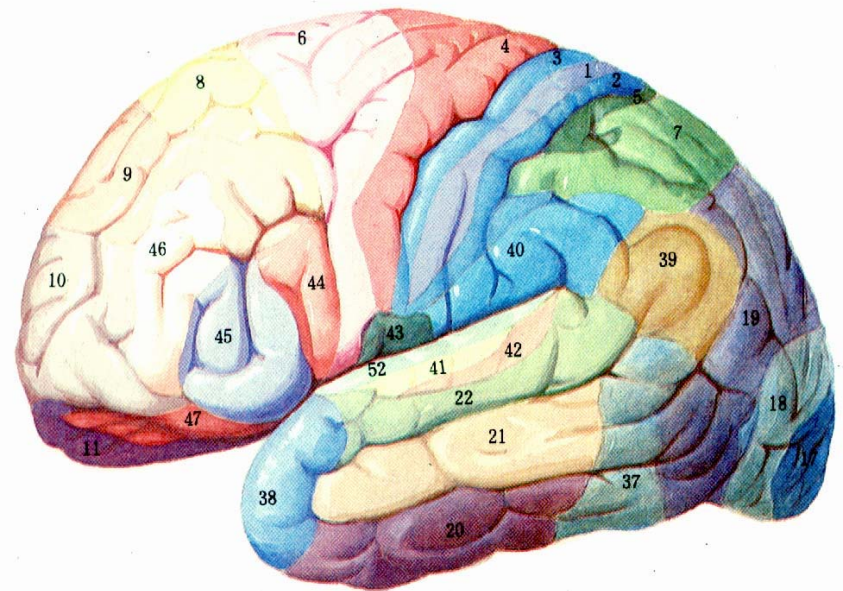
## Actions from thoughts

( Nature 409, 2001 )

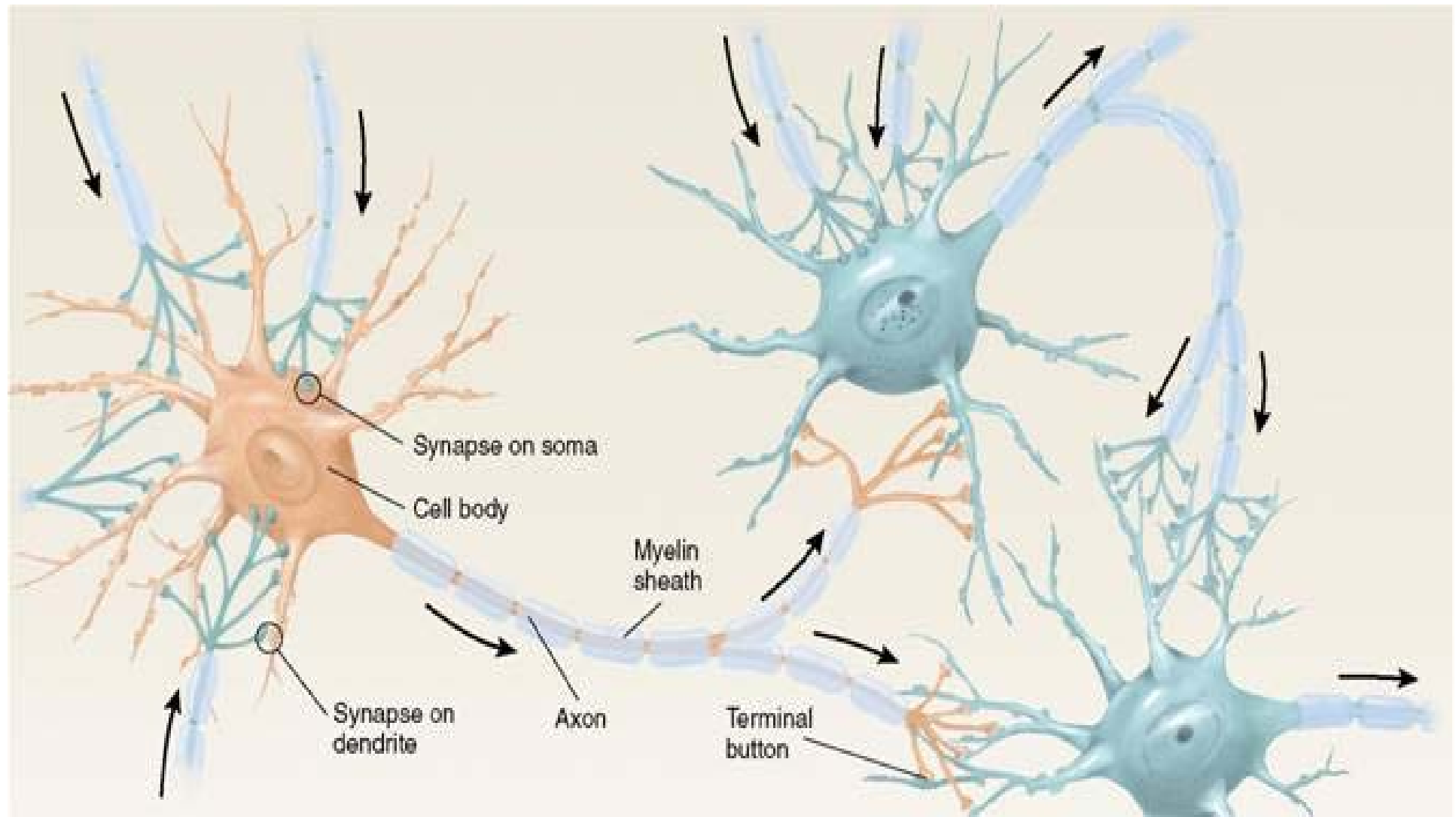


# 大脑神经系统

- 大脑神经系统是**多层次的**。  
这些不同层次的研究互相  
启示，互相推动。
  - 在低层次（细胞、分子水平）  
上的工作为较高层次的观察  
提供了分析的基础，
  - 而较高层次的观察又有助于  
引导低层次工作的方向，并  
体现其功能意义

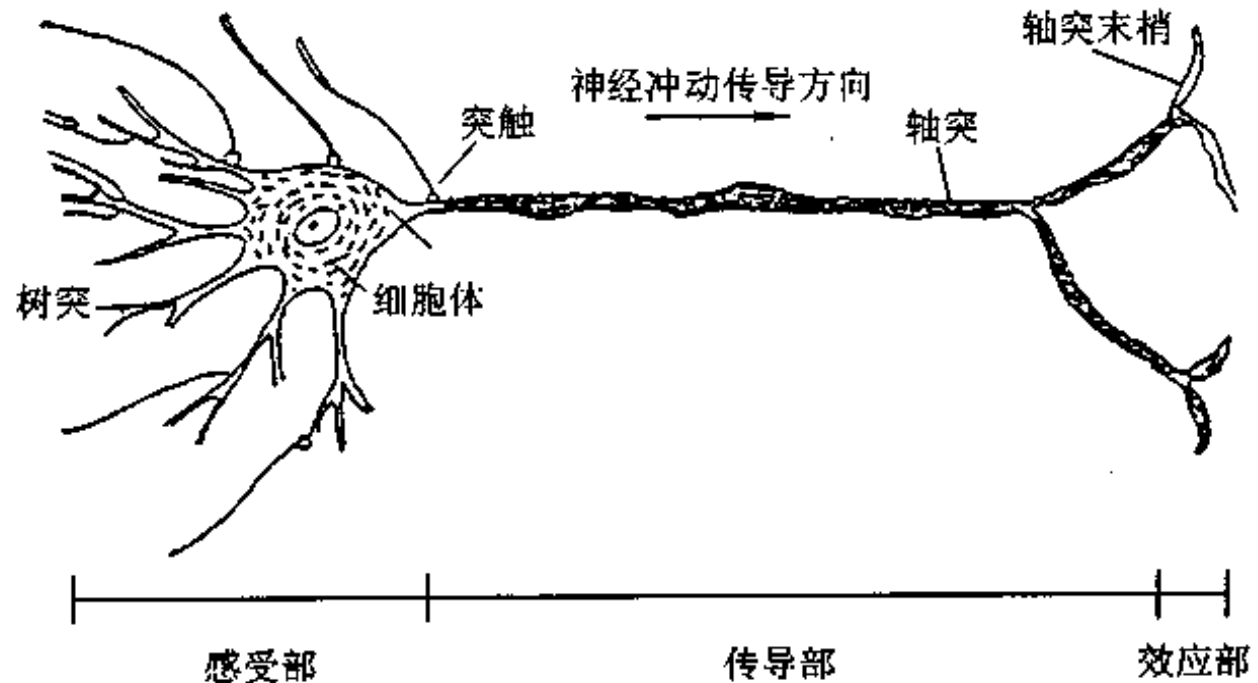


# 生物神经网络



# 生物神经元

- **突触(Synapse):**  
生物神经元之间相互连接信息传递的部位
- **突触类型:**  
化学突触、电突触。其中化学突触占大多数，其神经冲动传递借助于化学递质的作用
- 生物神经元的结构大致描述如图所示。





# 生物神经元与大脑皮质

- 神经元由**细胞体**和**延伸部分**组成。
  - 延伸部分按功能分有两类，一种称为**树突**，占延伸部分的大多数，用来接受来自其他神经元的信息；另一种用来传递和输出信息，称为**轴突**。
  - 神经元对信息的接受和传递都是通过**突触**来进行的。
  - 单个神经元可以从别的细胞接受多达上千个的突触输入。
  - 这些输入可达到神经元的**树突**、**胞体**和**轴突**等不同部位，但其分布各不相同。对神经元的影响也不同。
- 人类大脑皮质的**全部表面积**约有 $20 \times 10^4 \text{mm}^2$ ，**平均厚度**约2.5mm，皮质的**体积**则约为 $50 \times 10^4 \text{mm}^3$ 。如果皮质中**突触的平均密度**是 $6 \times 10^9 / \text{mm}^3$ 左右，则可认为**皮质中的全部突触数**为 $3 \times 10^{15}$ 个。
- 按上述人脑所含的全部神经元数目计算，则**每个神经元平均的突触数目**可能就有1.5—3.0万个左右。





# 人脑神经系统与生物神经元学说

- 生物神经系统

- 人类大脑的神经细胞大约在 $10^{11}$ — $10^{13}$ 个左右。
- 神经细胞也称神经元，是神经系统的基本单元，它们按不同的结合方式构成了复杂的神经网络。
- 通过神经元及其联接的可塑性，使得大脑具有学习、记忆和认知等各种智能。

- 生物神经元学说

- 生物神经元学说认为，神经细胞即神经元是神经系统中独立的营养和功能单元。
- 生物神经系统。包括中枢神经系统 and 大脑，均由各类神经元组成。
- 每一个神经元均有自己的核和自己的分界线或原生质膜。



# 人脑进行信息处理的机制



# 人脑进行信息处理的机制

对于人脑这个智能信息处理系统，有如下一些固有特点：

1. 并行分布处理的工作模式。
2. 神经系统的可塑性和自组织性。
3. 信息处理与信息存贮合二为一。
4. 信息处理的系统性
5. 能接受和处理模糊的、模拟的、随机的信息。
6. 求满意解而不是精确解。
7. 系统的恰当退化和冗余备份(鲁棒性和容错性)。



# 特点-1： 并行分布处理的工作模式

- 大脑中单个神经元的处理速度很慢
  - 每次约1毫秒(ms)，比通常的电子门电路要慢几个数量级
  - 每个神经元的处理功能也很有限，估计不会比计算机的一条指令更复杂。
- 但是人脑对某一复杂过程的处理和反应却很快
  - 一般只需几百毫秒。
  - 例如要判定人眼看到的两个图形是否一样，实际上约需400 ms，而在这个处理过程中，与脑神经系统的一些主要功能，如视觉、记忆、推理等有关。
  - 按照上述神经元的处理速度，如果采用串行工作模式，就必须在几百个串行步内完成，这实际上是不可能办到的。因此只能把它看成是一个由众多神经元所组成的超高密度的并行处理系统。
  - 例如在一张照片寻找一个熟人的面孔，对人脑而言，几秒钟便可完成，但如用计算机来处理，以现有的技术，是不可能在短时间内完成的。
- 由此可见，大脑信息处理的并行速度已达到了极高的程度



## 特点-2: 神经系统的可塑性和自组织性

- 神经系统的可塑性和自组织性与人脑的生长发育过程有关
  - 例如，人的幼年时期约在9岁左右，学习语言的能力十分强，说明在幼年时期，大脑的可塑性和柔软性特别良好。
- 从生理学的角度看，它体现在突触的可塑性和联接状态的变化，同时还表现在神经系统的自组织特性上。
  - 例如在某一外界信息反复刺激下，接受该信息的神经细胞之间的突触结合强度会增强。
- 这种可塑性反映出大脑功能既有先天的制约因素，也有可能通过后天的训练和学习而得到加强。
- 神经网络的学习机制就是基于这种可塑性现象，并通过修正突触的结合强度来实现的



### 特点-3: 信息处理与信息存贮合二为一

- 大脑中的信息处理与信息存贮是有机结合在一起的，而不像现行计算机那样，存贮地址和存贮内容是彼此分开的。
- 由于大脑神经元兼有信息处理和存贮功能，所以在进行回忆时，不必先找存贮地址而后再调出所存内容的问题，而且还可以由一部分内容恢复全部内容。



## 特点-4： 信息处理的系统性

- 大脑是一个复杂的大规模信息处理系统，单个的元件“神经元”不能体现全体宏观系统的功能。
- 实际上，可以将大脑的各个部位看成是一个大系统中的许多子系统。
- 各个子系统之间具有很强的相互联系，一些子系统可以调节另一些子系统的行为。
  - 例如，视觉系统和运动系统就存在很强的系统联系，可以相互协调各种信息处理功能。





## 特点-5: 能接受和处理模糊的、模拟的、随机的信息

- 人脑可以接受不完整的、非数字化的、非解析（无法用现有的数学工具描述）的信息。
- 人脑可以接受具有随机特性的信息，并对随机特征进行某种累积。



## 特点-6: 求满意解而不是精确解

- 人类处理日常行为时，往往都不是一定要按最优或最精确的方式去求解，而是以能解决问题为原则，即求得满意解就行了。



## 特点-7： 系统的恰当退化和冗余备份 (鲁棒性和容错性)

- 人脑的某一部分受到损伤时一般并不会导致大脑系统完全瘫痪，可能仅仅是功能具有了退化。



# 人工神经网络概述



# 人工神经网络的发展简史

- 1943年，McCulloch（心理学家）和Pitts（数学家）合作提出神经元的数学模型。
- 1949年，D.O.Hebb（心理学家）提出神经元之间突触连接强度可变假设。
  - 提出神经元学习准则，奠定了神经网络学习算法的基础。
- 1950年代末，Rosenblatt提出感知器模型，
  - 首次将神经网络的研究付诸工程实现。
- 1969年，Minsky和Papert出版《感知器》一书。
  - 从数学上分析了感知器的原理和局限性。神经网络研究陷入低潮。
- 1982年，Hopfield引入能量函数的概念，提出了Hopfield神经网络。
  - 电路实现方案，联想记忆，优化计算
- 1986年，Rumelhart和LeCun提出多层感知器的反向传播算法（著名的BP算法），克服了单层感知器学习的障碍
  - 传统的人工智能遇到了难以克服的问题。
  - 神经网络重新进入研究的高潮。
- 目前，神经网络已经渗透到智能控制、模式识别、信号处理、计算机视觉、优化计算、知识处理、生物医学工程等领域。
- 神经网络同样不是万能的，也存在局限性。主要原因是目前对复杂、非线性系统的运行和控制理论非常不完善。



# 神经网络应用于智能信息处理

- 认知与人工智能
  - 包括模式识别、计算机视觉与听觉、特征提取、语音识别语言翻译、联想记忆、逻辑推理、知识工程、专家系统、故障诊断、智能机器人等
- 优化与控制
  - 包括优化求解、决策与管理、系统辨识、鲁棒性控制、自适应控制、并行控制、分布控制、智能控制等
- 信号处理
  - 自适应信号处理(自适应滤波、时间序列预测、谱估计、消噪、检测、阵列处理)和非线性信号处理(非线性滤波、非线性预测、非线性谱估计、非线性编码、中值处理)
- 传感器信息处理
  - 模式预处理变换、信息集成、多传感器数据融合



# 神经网络适合处理的问题

## 适合处理问题

- 实例是用很多“属性-值”对表示的
- 目标函数的输出可能是离散值，实数值或向量
- 训练数据可能包含错误
- 容忍长时间的训练
- 可能需要快速求出目标函数值
- 人类是否理解学到的目标函数并不重要

## 应用实例：

- 语音识别
- 图像分类
- 人脸识别
- ◦ ◦ ◦ ◦ ◦





