

主要内容

5.1 神经网络的基本原理

5.2 感知器

5.3 BP网络及其算法

5.1 神经网络的基本原理

5.1.1 神经网络的生物背景

5.1.2 神经网络的发展

5.1.3 神经网络的数学模型

5.1.4 神经网络的模型分类

5.1.5 神经网络的学习方法

5.1.6 神经网络的特征

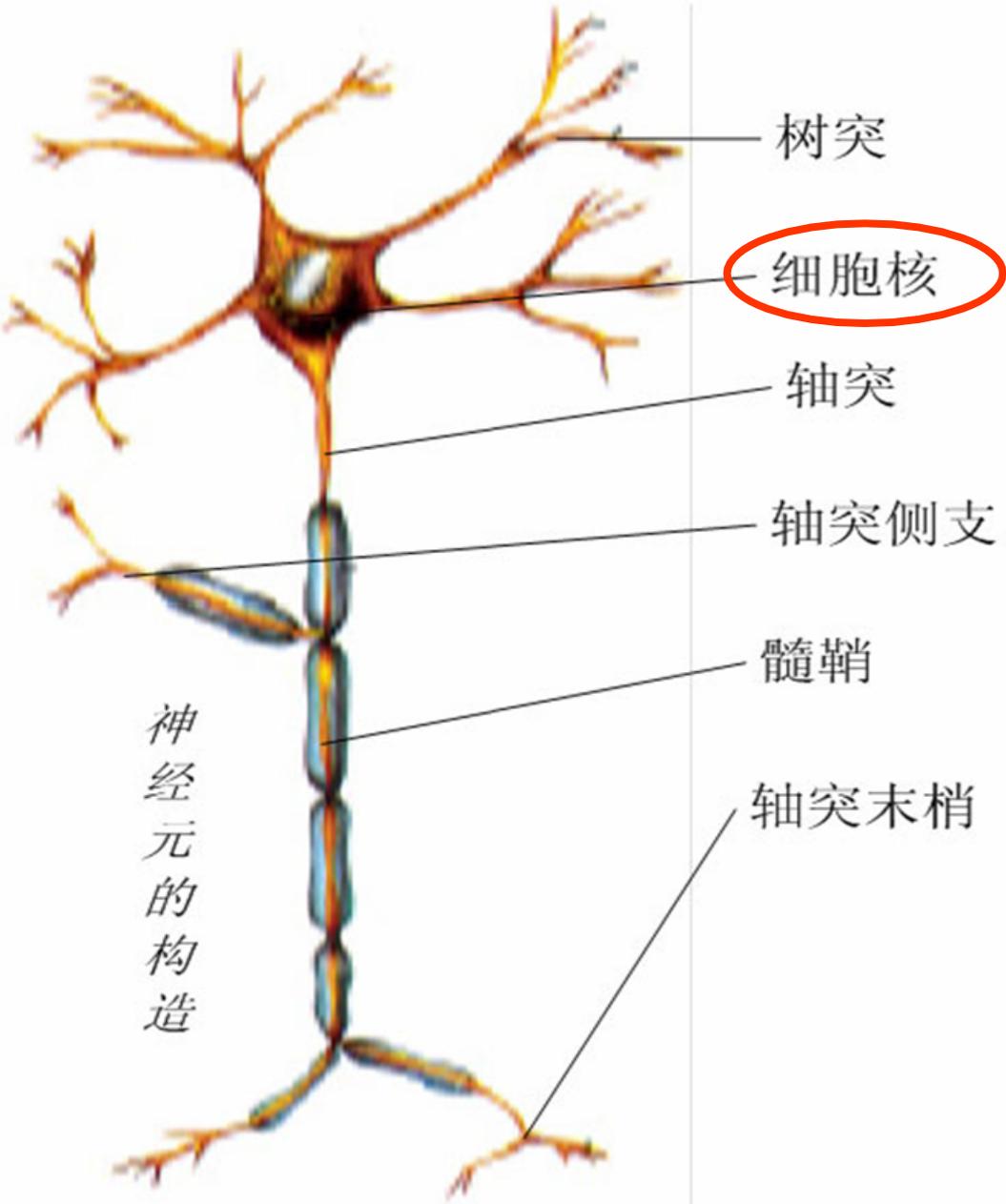
5.1.7 神经网络控制的研究领域

5.1.1 神经网络的生物背景

一、生物神经元结构理论基础

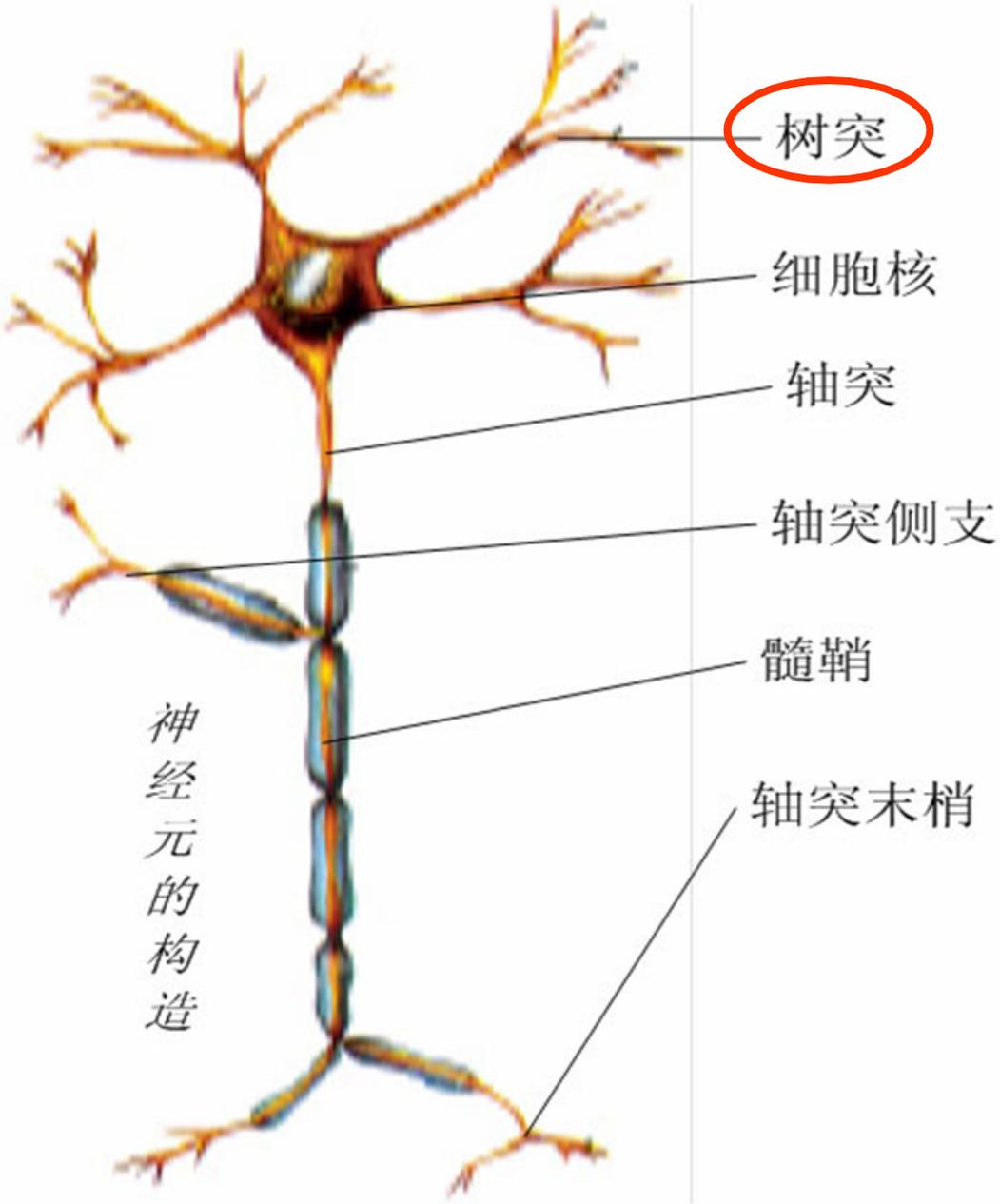
- **神经元** 大脑最基本的功能单位。

神经元又称神经细胞，是一种高度分化的细胞，是人体内唯一具有感受刺激和传导兴奋功能的细胞，也是神经系统在形态结构、功能和营养上的基本组成单位。



- 神经元细胞体是一个神经元的营养中心，**胞体和树突表面**是接受其它神经元传来兴奋的主要部位，而神经元发出的兴奋则沿着**轴突**传向末梢。

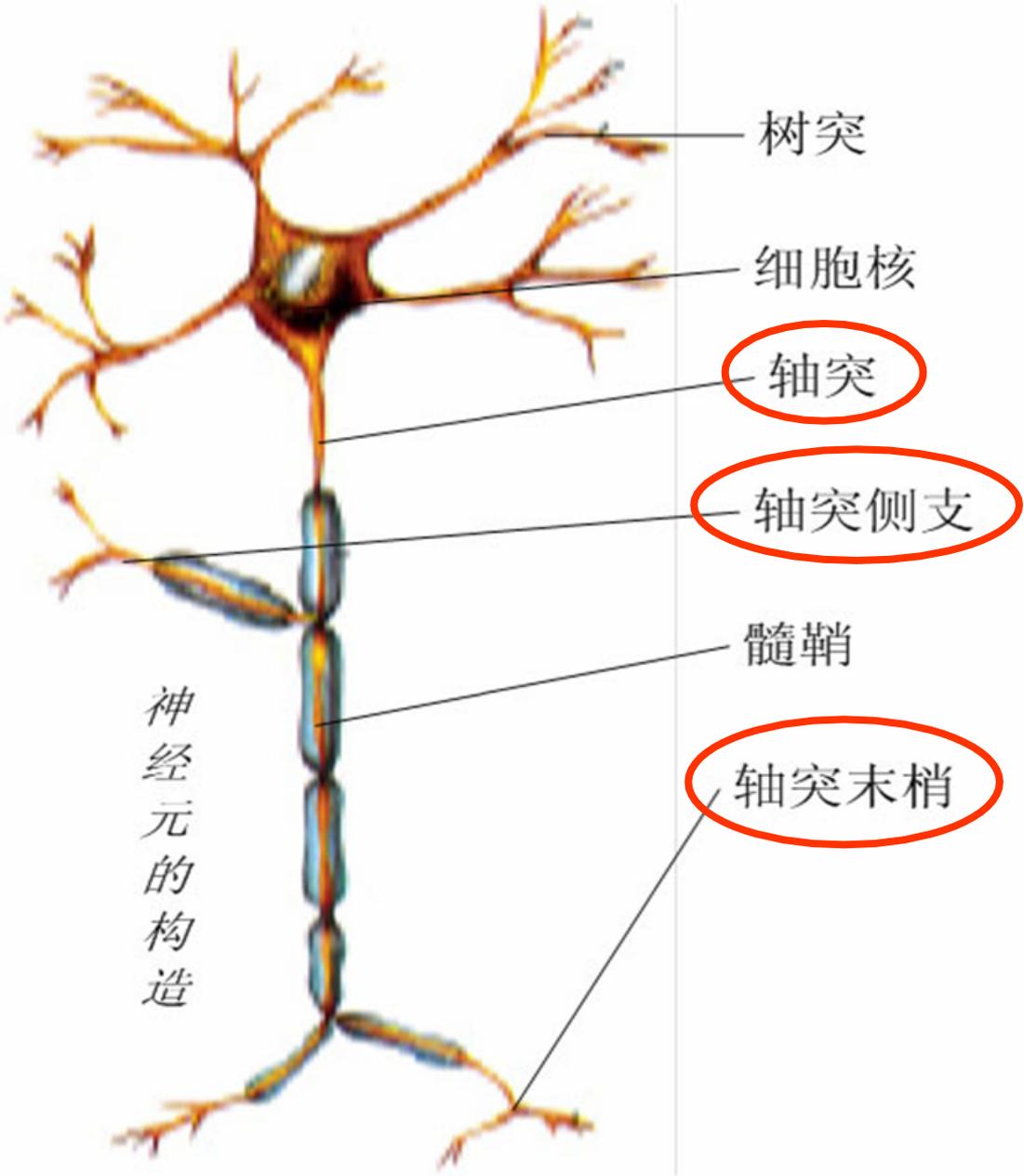
神经元的构造图



● 树突

由细胞体向外伸出的其它许多较短的分支称为树突。

神经信息只能由前一级神经元的轴突末梢传向下一级神经元的树突或细胞体，不能作反方向的传递。



● 轴突

由细胞体向外伸出的最长的一条分支称为轴突，即神经纤维。

轴突通过轴突末梢向其他神经元传出神经信息，因此，它是把神经元兴奋的信息传出到其他神经元的出口。

据估计如果把一个人脑中的所有神经元的轴突和树突都拉直然后捆绑起来，那么这条神经线将从地球延伸到月球。如果在所有人身上做同样的事情，那么这条神经线将从地球达到邻近的星系！



● 突触

突触是神经元之间传递神经兴奋的**接触点**。通常一个神经元的轴突末梢的终结与另外一个神经元的树突或者细胞体构成突触。

神经兴奋通过突触从一个神经元传导到另外一个神经元，而一个神经元可以和一个或多个神经元形成突触。

一个神经元可以和一个或者多个神经元借突触建立功能联系，从而形成人体内一个庞大而复杂的神经网络。

● 兴奋的传导

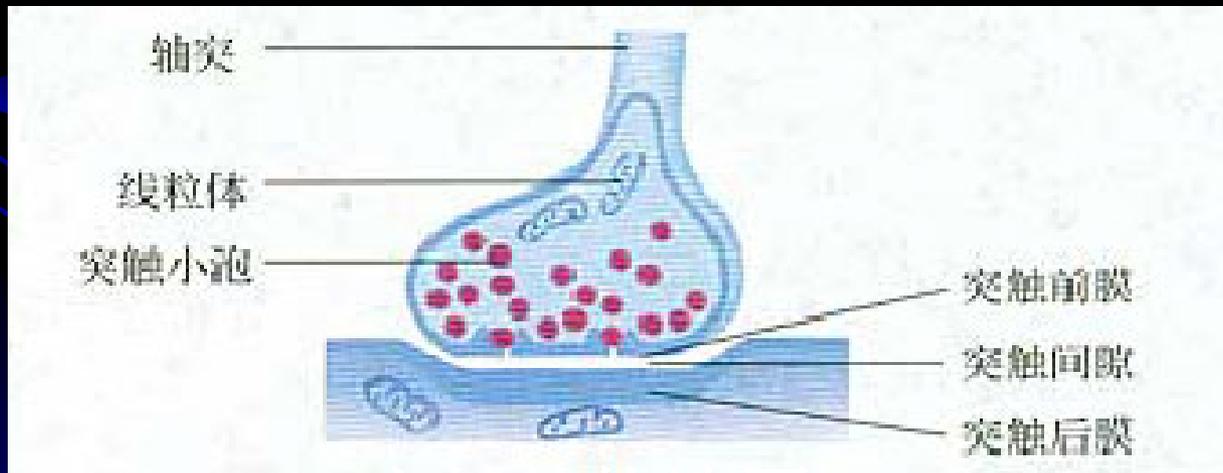
神经元受到刺激后能够产生兴奋，并把兴奋传导出去。

(1) 神经纤维上的传导 主要通过电位变化，产生局部电流，把兴奋不断向前传导。

(2) 细胞间的传递 兴奋在神经元与神经元之间是通过突触来传递的。

突触由突触前膜、突触间隙、突触后膜三部分构成。

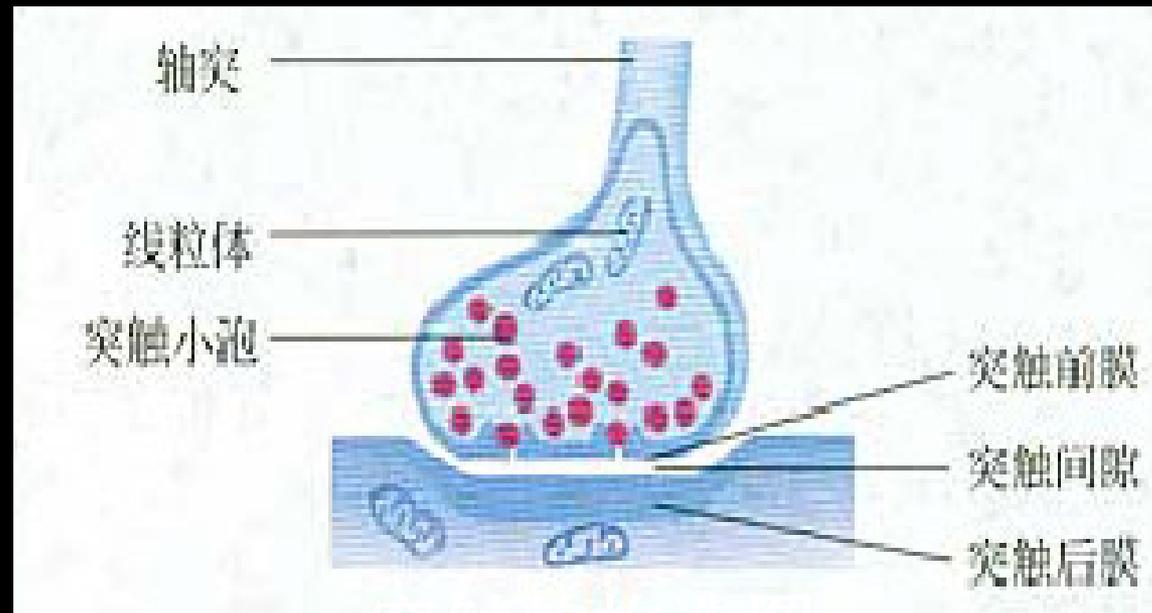
突触前膜是轴突末梢突触小体的膜；突触后膜是与突触前膜相对应的胞体膜或者树突膜。突触小体内靠近前膜处含有大量突触小泡，泡内含有化学物质——递质。



突触的构造图

当兴奋通过轴突传导到突触小体时，突触小体内的突触小泡就将递质释放到突触间隙里，使一个神经元产生兴奋或抑制。

每一个神经元都有一个属于自己的阈值，当其它神经元对它的刺激超过了这个阈值这个神经元就被激发。



突触的构造图

● 大脑皮层 智慧的源产地

大脑的表面一层称大脑皮层，是神经细胞体聚集的地方，平均厚度约1.5~4.5毫米。大脑皮层的各个区域掌管各种不同的功能。主要有听小区，视小区，嗅小区，语言区，躯体感觉区，躯体运动区等。

在大脑皮层和大脑的其它部分中不断进行着的简单的事件串连就是基本的脑部活动，就是神经元彼此之间沟通的方式。



神经元本身并不聪明，但把1千亿个神经元放在一个小空间，让它们彼此沟通，相互激发，就会让人突发奇想。

● 人类大脑与其他动物大脑的比较

动物	神经元数目
海鞘	300
蜗牛	10000
蜜蜂	100000
蜂雀	10^7
老鼠	10^8
人类	10^{10}
大象	10^{11}

● 群体行为的智慧 —— 蚂蚁的启示

一群行为显得非常盲目的蜜蜂，能够造出精巧的蜂窝；一窝毫无头绪的蚂蚁能协作起来搬动一个比任何一个个体都大得多的实物。

近年来，无通讯协作的思想占据了大多数动物行为学家的观点。每个昆虫只需要针对自己周围的环境作出适当的反应，整个群体就能完成一件在旁观者看来非常复杂的任务。



蚂蚁的排序行为

动物行为学家在白蚁巢的周围随机分布许多死的白蚁。第二天，死的白蚁被堆成许多小堆。第三天，死的白蚁被堆成几个大堆。最后，所有的死白蚁被堆成一个大堆。

动物行为学家对白蚁的协作机制做了如下推测：

①如果白蚁碰上一个死白蚁，就将它背起来；

②如果它再碰到一个死白蚁，就将所背的死白蚁放下来。

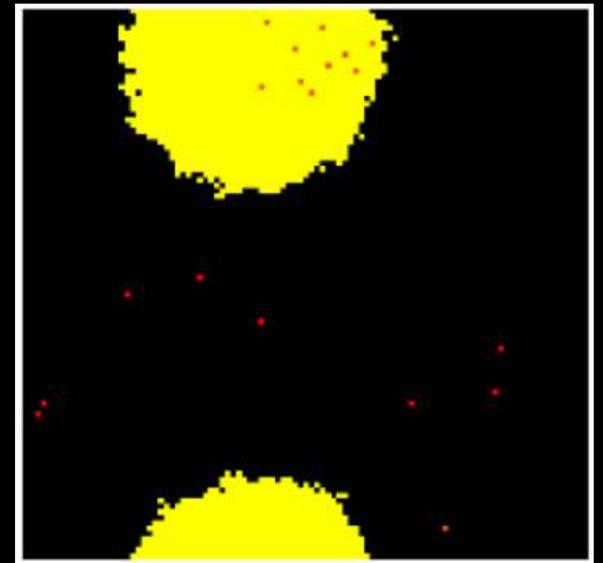
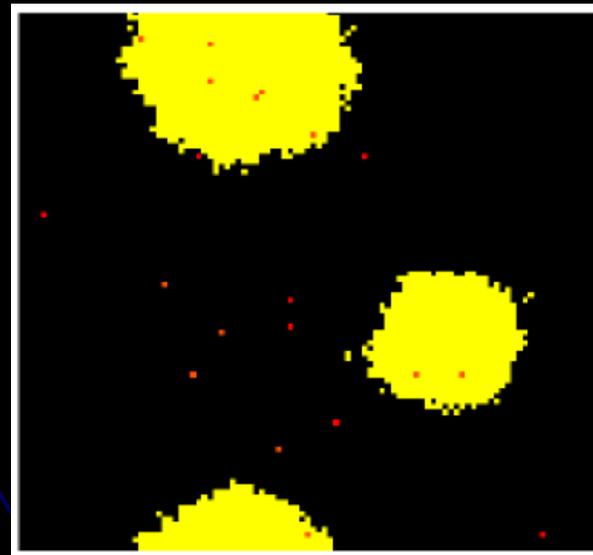
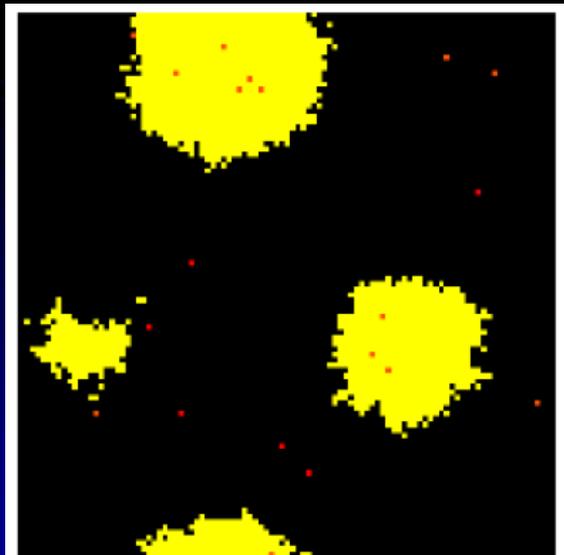
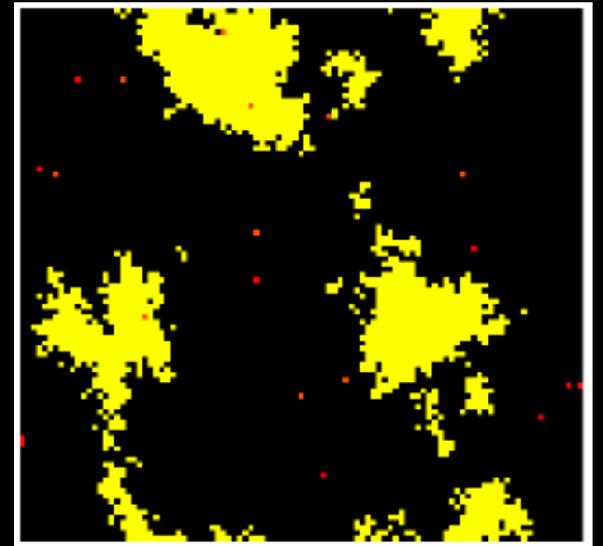
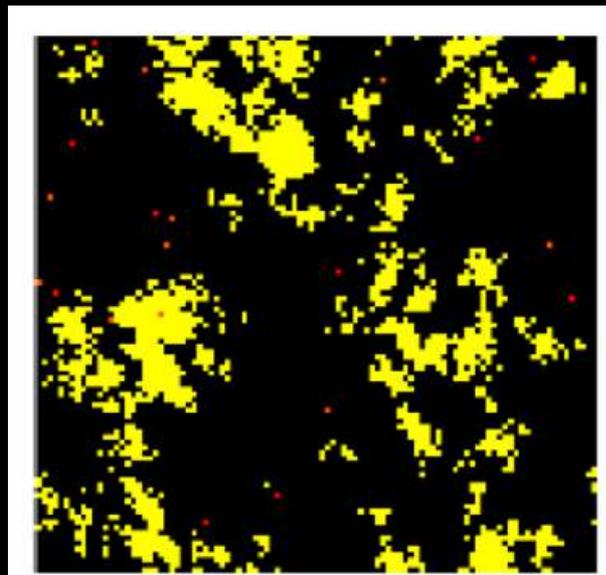
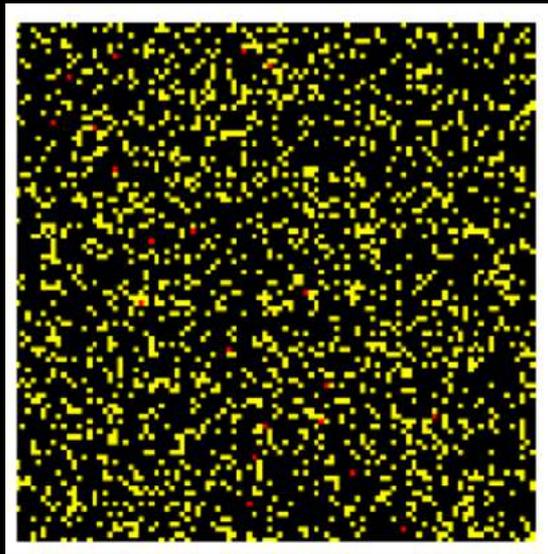
每个白蚁只需遵循这两条基本规则，整个白蚁群体就能将所有死白蚁堆在一起。

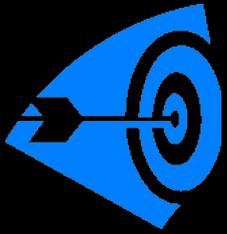
仿真实验

我们将空间看成由方格构成的二维离散空间。时间也是离散的。每只死的白蚁占一个方格。

白蚁在每个离散的时间步只能沿周围的八个方向移动一格。白蚁只能感知自己当前所占据的方格是否有死的白蚁。如果所在位置存在死的白蚁，那么白蚁可以将死白蚁运到任何一个自己范围有死白蚁的位置放下来。在搬的时候，同样每个离散的时间步只能移动一格。

最终的要求是所有的死白蚁被堆在一起。





个体的行为简单、盲目而且带有随机性，
整体的行为却是连贯、流畅、一致的。

● 生物神经网络的六个基本特征

① 神经元及其联接；

② 神经元之间的联接强度决定信号传递的强弱；

③ 神经元之间的联接强度是可以随训练改变的；

④ 信号可以是起刺激作用的，也可以是起抑制作用的；

⑤ 一个神经元接受的信号的累积效果决定该神经元的状态；

⑥ 每个神经元可以有一个“阈值”。

二、生物神经网络与人工神经网络比较

人工神经网络是一门数学，生物学，计算机科学，哲学，医学，物理学的交汇性科学。

● 相同点

- (1) 非线性
- (2) 适应性
- (3) 容错性
- (4) 并行性

● 不同点

对比项目	人脑	计算机
处理单元运算速度	$10^{-3} \sim 10^{-2}$ 秒/米	10^{-9} 秒/米
能量效率	10^{-16} 焦耳/秒·每个操作	10^{-6} 焦耳/秒·每个操作
逻辑思维	慢而不准确	快而准确
形象思维	1秒内完成, 运算100次内	100次运算不能完成
信息处理方式	分布式, 并行	集中式, 串行
处理单元性能	简单	复杂
信息储存方式	体现在各神经元的连接中	集中在随机存储器中

5.1 神经网络的基本原理

5.1.1 神经网络的生物背景

5.1.2 神经网络的发展

5.1.3 神经网络的数学模型

5.1.4 神经网络的模型分类

5.1.5 神经网络的学习方法

5.1.6 神经网络的特征

5.1.7 神经网络控制的研究领域

5.1.2 神经网络的发展

神经网络研究，经历了兴起、低潮和重新崛起三个阶段。

1. 兴起（20世纪40年代）

— 1943年，心理学家McCulloch和数学家Pitts发表了著名的“神经活动中所蕴含思想的逻辑运算”一文，首次提出了神经元和神经网络的数学模型，后经修正为著名的M-P模型——阈值逻辑模型。

— 基于M-P模型，科学家制造了许多模拟人脑的人工系统，既能运算，又能处理逻辑问题。其中影响最大的是感知机(Perception)。以Marvin Minsky, Frank Rosenblatt, Bernard Widrow等为代表人物。

神经元被看成逻辑元件，由此把脑的思维过程视为一个可操作过程，即认为任何复杂的思想都可以还原为基本逻辑电路的基本操作的组合。

这种纯粹用硬件结构来模拟人类智能的方法，即**结构主义的仿生学方法**很快陷人困境。

原因：

- 对大脑的认识还并不清楚；
- 没有条件对已有认识进行结构模拟；
- 计算机的发展水平还难以对感知机网络进行仿真分析。

2. 低潮（20世纪60年代中期）

— Rosenblatt设计的“类人脑”神经网络无法实现，人们对神经网络的兴趣大减，神经网络研究进入长达近20年的低谷。但是，与此同时，这一时期却是数字计算机的迅猛发展时期。

— 1946年世界上第一台数学计算机ENIAC应军事需要而问世。数学家冯·诺伊曼（“计算机之父”），在图灵理论的基础上，构建现代计算机的体系结构，提出全新的存贮程序通用电子计算机方案。

冯·诺伊曼计算机成就辉煌，几十年来不断更新换代，在硬件和软件方面取得惊人的进步，被誉为“电脑”。

传统计算机有待新的突破，第五代计算机的目标远未实现，这成了神经网络研究重新崛起的动力。

3. 重新崛起（20世纪80年代）

— 1982年，J. Hopfield提出循环网络。

- 1 用Lyapunov函数作为网络性能判定的能量函数，建立ANN稳定性的判别依据；
- 1 阐明了ANN与动力学的关系；
- 1 用非线性动力学的方法来研究ANN的特性；
- 1 指出信息被存放在网络中神经元的联接上；

— 1984年， J. Hopfield设计研制了后来被人们称为Hopfield网的电路。较好地解决了著名的TSP问题，找到了最佳解的近似解，引起了较大的轰动。

— 1985年， UCSD的Hinton、Sejnowsky、Rumelhart等人所在的并行分布处理（PDP）小组的研究者在Hopfield网络中引入了随机机制，提出所谓的Boltzmann机。

5.1 神经元网络的基本原理

5.1.1 神经网络的生物背景

5.1.2 神经网络的发展

5.1.3 神经网络的数学模型

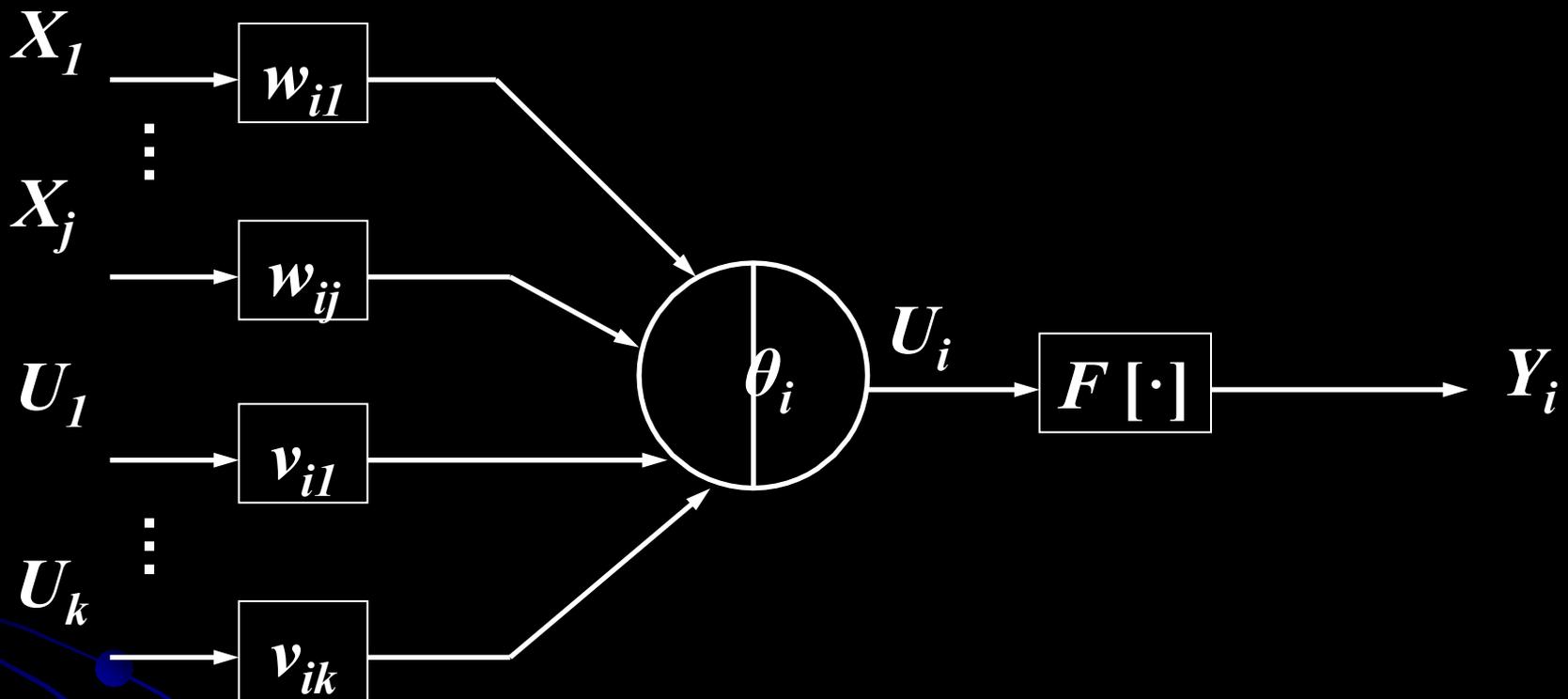
5.1.4 神经网络的模型分类

5.1.5 神经网络的学习方法

5.1.6 神经网络的特征

5.1.7 神经网络控制的研究领域

5.1.3 神经网络的数学模型



Y_i — 神经元的输出； θ_i — 神经元的阈值

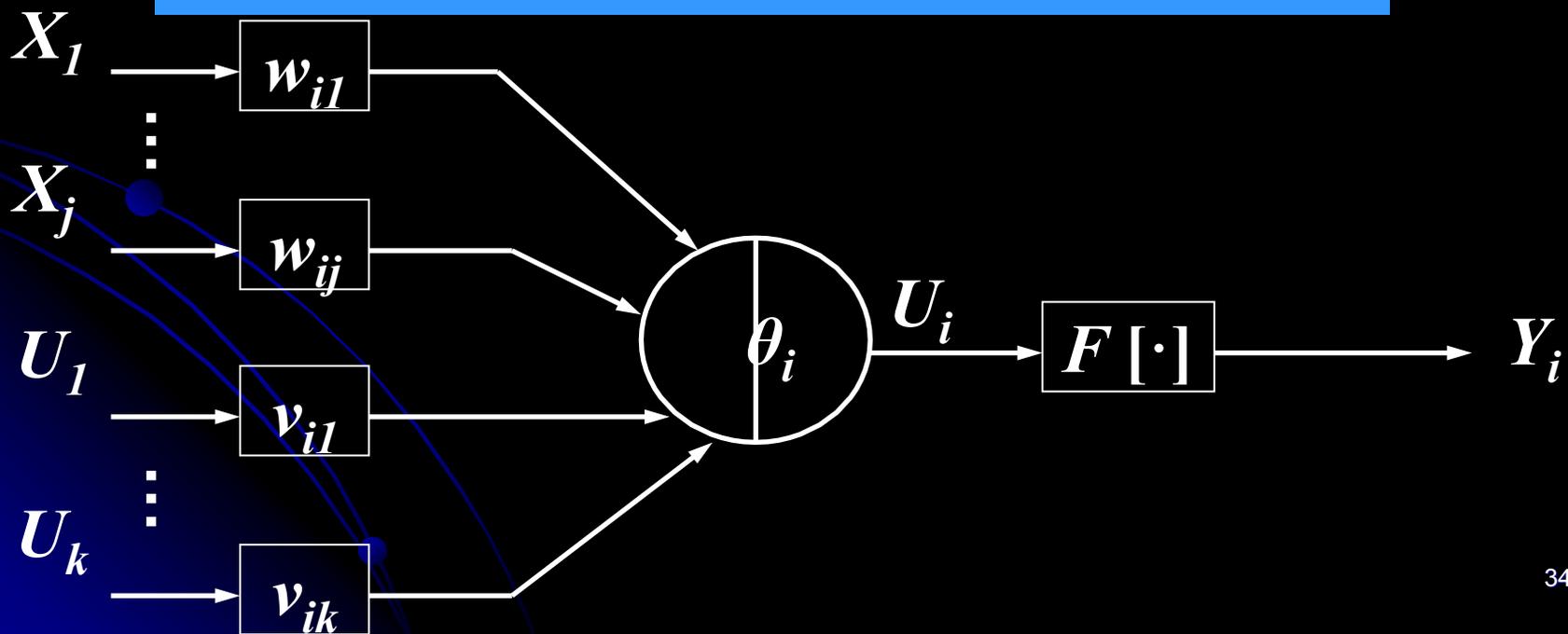
X 、 U — 外部输入； w_i 、 v_i — 连接权系数；

$F[\cdot]$ — 激发函数

● 神经元的数学模型

$$Y_i = F[U_i]$$

$$U_i = \sum_{j=1}^N X_j \omega_{ij} + \sum_{k=1}^M U_k v_{ik} - \theta_i$$



● 常用的激发函数

(1) 阈值型

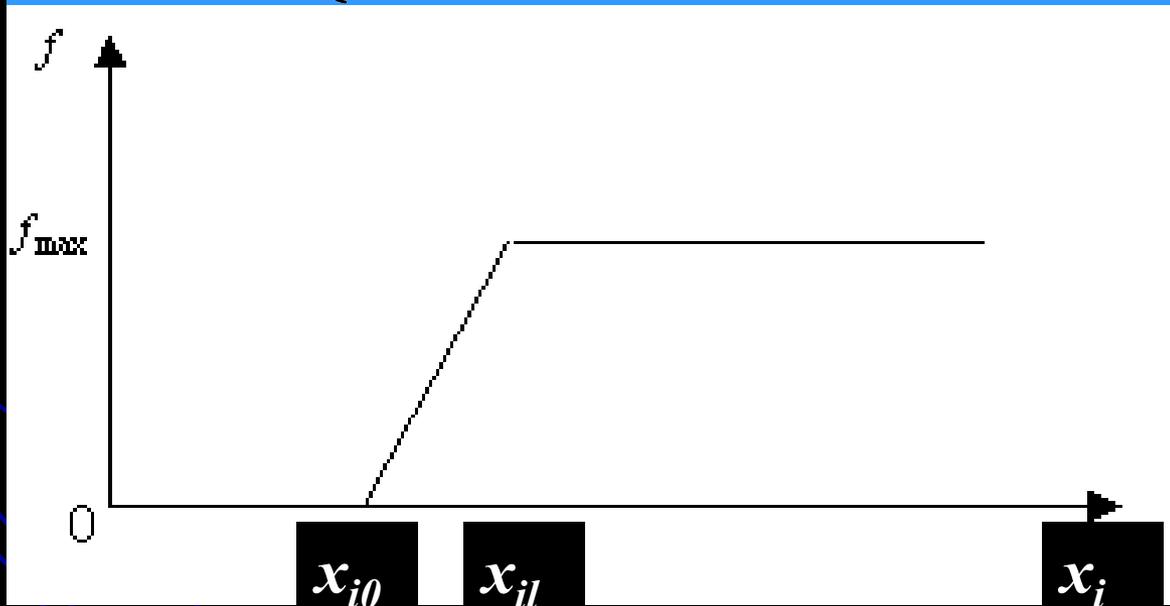
$$f(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x \leq 0 \end{cases}$$



阈值型函数

(2) 分段线性型

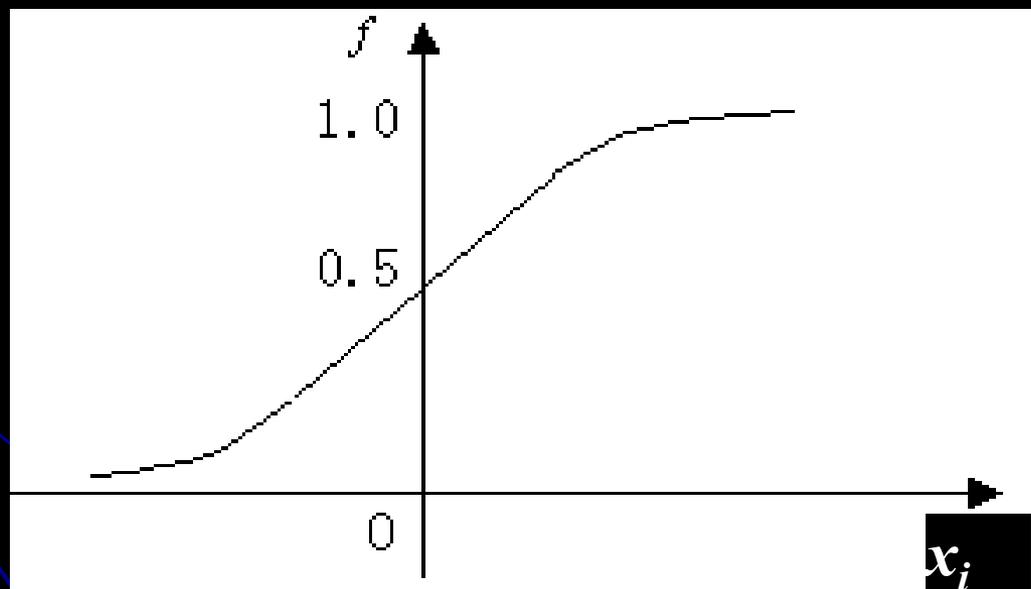
$$f(x_i) = \begin{cases} 0 & x_i < x_{i0} \\ kx_i & x_{i0} < x_i < x_{il} \\ f_{\max} & x_i \geq x_{il} \end{cases}$$



分段线性函数

(3) Sigmoid函数

$$f(x_i) = \frac{1}{1 + e^{-\frac{x_i}{T}}}$$



Sigmoid函数

5.1 神经元网络的基本原理

5.1.1 神经网络的生物背景

5.1.2 神经网络的发展

5.1.3 神经网络的数学模型

5.1.4 神经网络的模型分类

5.1.5 神经网络的学习方法

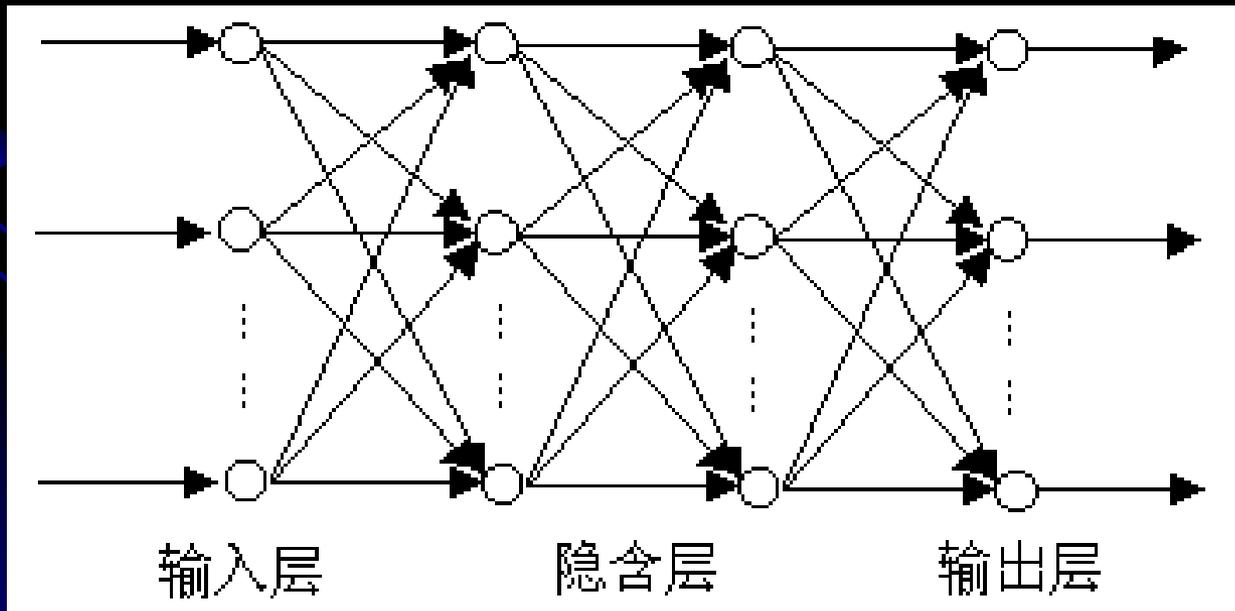
5.1.6 神经网络的特征

5.1.7 神经网络控制的研究领域

5.1.4 神经网络的模型分类

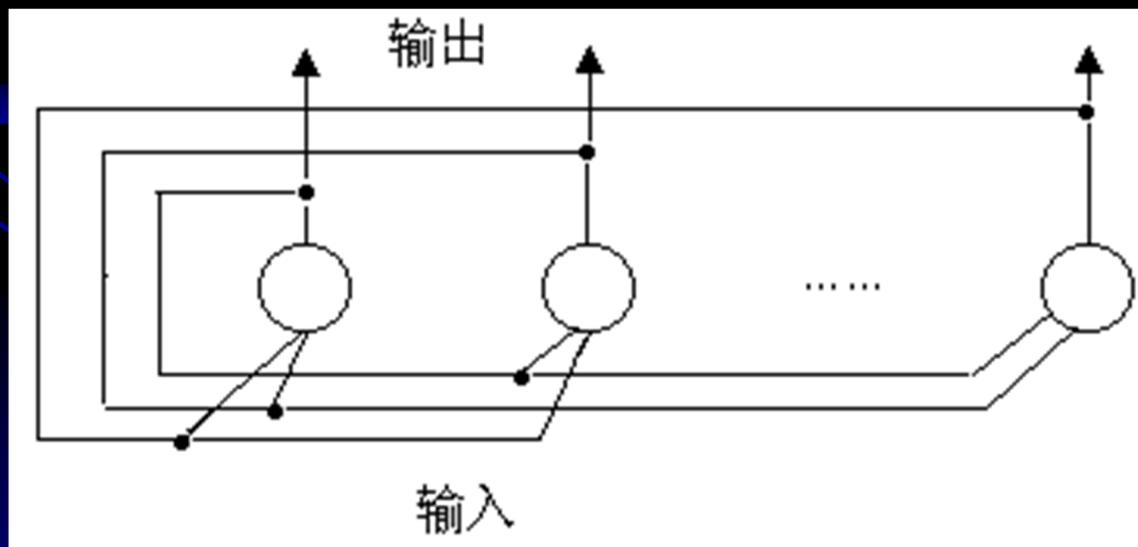
(1) 前向网络

神经元分层排列，组成**输入层**、**隐含层**和**输出层**。每一层的神经元只接受前一层神经元的输入。输入模式经过各层的顺次变换后，由输出层输出。在各神经元之间不存在反馈。



(2) 反馈网络

该网络结构在输出层到输入层存在反馈，即每一个输入节点都有可能接受来自外部的输入和来自输出神经元的反馈。这种神经网络是一种反馈动力学系统，它需要工作一段时间才能达到稳定。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/168012142001006074>