



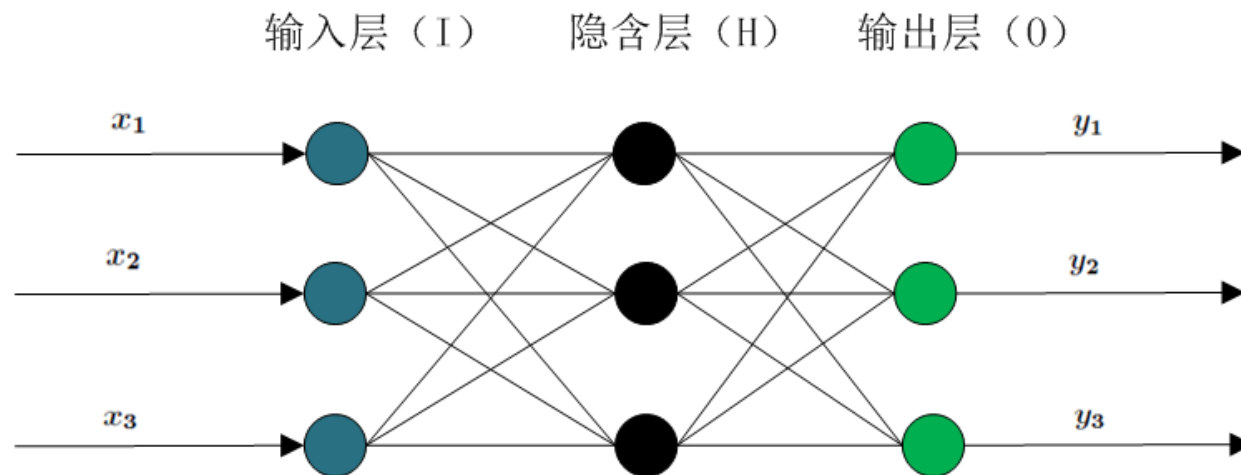
## 6.3 BP (Backpropagation) 神经网络

- BP神经网络的主要思想是从后向前(反向)逐层传播输出层的误差,以间接算出隐层误差。
  - 分为两个阶段:
    - 第一阶段(正向传播过程)输入信息从输入层经隐层逐层计算各单元的输出值。
    - 第二阶段(反向传播过程)输出误差逐层向前算出隐层各单元的误差,并用此误差修正前层权值。
- 基于随机搜索策略的智能优化算法, 包括遗传算法、免疫算法和粒子群算法、混沌算法等。

## 6.3 BP (Backpropagation) 神经网络



- 在BP神经网络中，单个样本有 $m$ 个输入，有 $n$ 个输出，在输入层和输出层之间通常还有若干个隐含层。
- 1989年，Robert Hecht-Nielsen证明了对于任何闭区间内的一个连续函数都可以用一个隐含层的BP网络来逼近，这就是**万能逼近定理**。所以一个三层的BP网络就可以完成任意的 $m$ 维到 $n$ 维的映射。





## 6.3 BP (Backpropagation) 神经网络

- 隐含层的选取
- 在BP神经网络中，输入层和输出层的节点个数都是确定的，而隐含层节点个数不确定，那么应该设置为多少才合适呢？
- 实际上，隐含层节点个数的多少对神经网络的性能是有影响的，有一个经验公式可以确定隐含层节点数目：

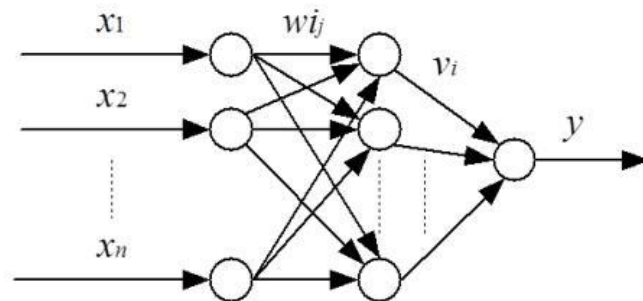
$$h = \sqrt{m + n} + a$$

- 其中h为隐含层节点数目，m为输入层节点数目，n为输出层节点数目，a为1-10之间的调节常数。

## 6.3 BP (Backpropagation) 神经网络



- 前馈神经网络的有指导学习方法。
- 包括训练和检验两个阶段。
- 训练阶段
  - 训练实例重复通过网络，对于每个训练实例，计算网络输出值，根据输出值修改各个权值。
  - 权值的修改方向是从输出层开始，反向移动到隐层。改变连接权值的目的是最小化训练集错误率。
  - 训练过程是个迭代过程，网络训练直到满足一个特定的终止条件为止。
  - 终止条件可以是网络收敛到最小的错误值，可以是一个训练时间标准，也可以是最大迭代次数。



## 【例6.4】

---

使用图6.1所示的神经网络结构和输入实例举例说明反向传播学习方法。



# 训练过程

- 目标——描述使用BP学习算法训练前馈神经网络的过程（一次迭代过程）。
- 方法——
  - 使用图6.1所示神经网络结构、输入向量、表6.1中的初始权值和S型函数。
  - 假设与图6.1所示输入向量相关的目标输出值为0.67，该输入的计算输出与目标值之间的存在误差。
  - 假设该误差与输出节点相关的所有网络连接都有关。

$W_{1i}$	$W_{2i}$	$W_{3i}$	$W_{1j}$	$W_{2j}$	$W_{3j}$	$W_{1k}$	$W_{2k}$	$W_{3k}$	$W_{io}$	$W_{jo}$	$W_{ko}$
0.10	0.20	0.30	-0.20	-0.10	0.10	0.10	-0.10	0.20	0.3	0.5	0.4

**表6.1** 图6.1所示的神经网络的初始权值



# 反向学习传播算法的一般过程

## (1) 初始化网络

- ① 若有必要，变换输入属性值为 $[0,1]$ 区间的数值数据，确定输出属性格式；
- ② 通过选择输出层、隐层和输入层的结点个数，来创建神经网络结构；
- ③ 将所有连接的权重初始化为 $[-1.0,1.0]$ 区间的随机值；
- ④ 为学习参数选择一个 $[0,1]$ 区间的值；
- ⑤ 选取一个终止条件。

## (2) 对于所有训练集实例：

- ① 让训练实例通过神经网络；
- ② 确定输出误差；
- ③ 使用Delta学习规则又称梯度法更新网络权重，其要点是改变单元间的连接权重来减小系统实际输出与期望输出间的误差。



# 反向学习传播算法的一般过程

---

- (3) 如果不满足终止条件，重复步骤 (2) 。
- (4) 在检验数据集上检验网络的准确度，如果准确度不是最理想的，改变一个或多个网络参数，从 (1) 开始。