

2021年第10届广东省创意机器人大赛培训

# 编程型机器人 神经网络原理

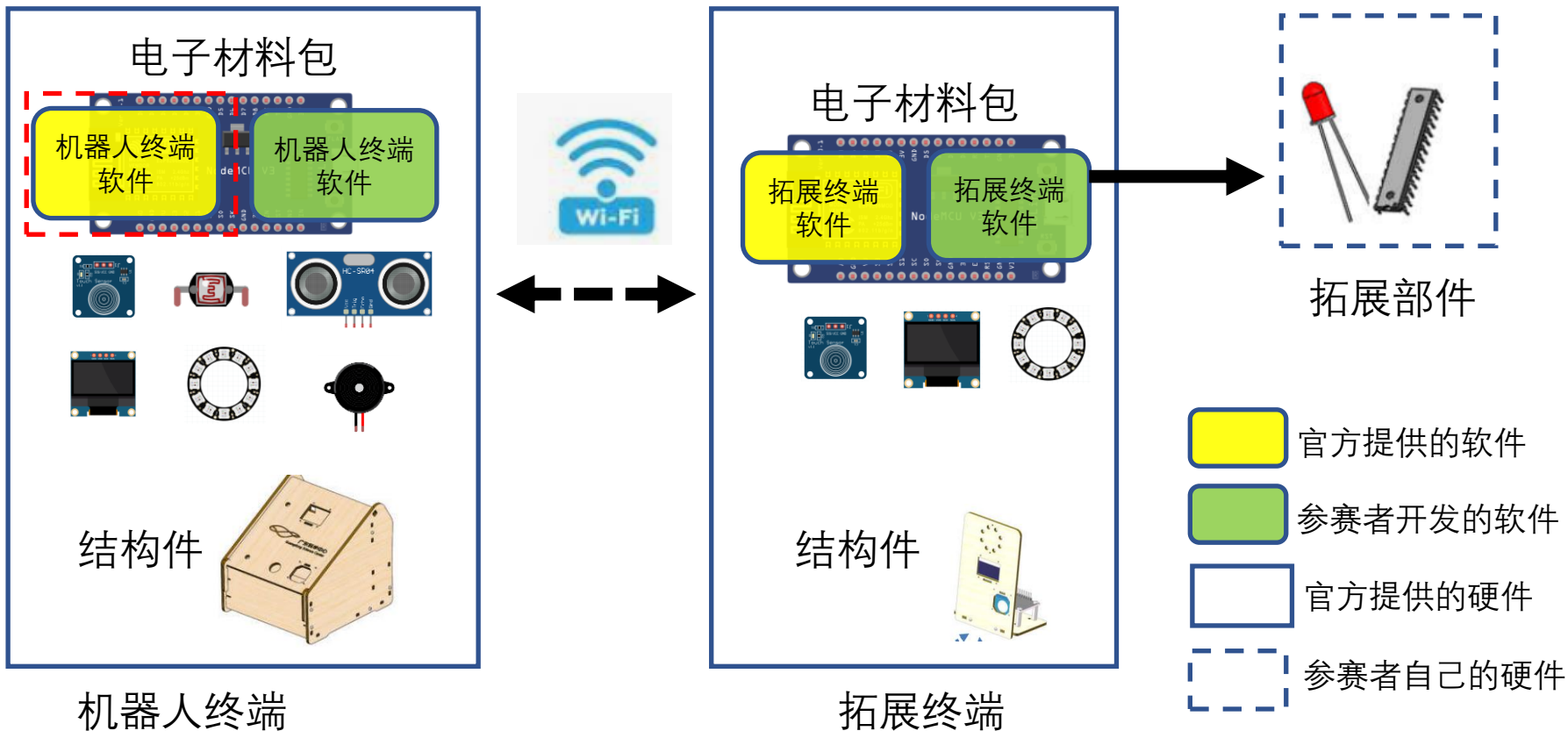
朱金辉

华南理工大学软件学院  
智能软件与机器人研究室

2021年7月



# 机器人的系统组成





# 提纲

---

- 一. 人工智能
- 二. 模型与参数
- 三. 人工神经元
- 四. 欧姆特机器人
- 五. 人工神经网络



# 一、人工智能



# 人工智能

---

- **Artificial Intelligence**

1. “人工”：由人设计、创造、制造
2. “智能”：什么是智能？比较有争议。

## 多种定义：

1. 人工智能是计算机科学的一个分支，主要致力于开发机器的学习与推理能力，使其具备人类一样的思维。
2. 人工智能是通过机器来模拟人类认知能力的技术。

.....



# 深度学习

- 人工智能技术中包括了机器学习技术。机器学习不是某种具体的算法，而是很多算法的统称，其中包括决策树、支持向量机、朴素贝叶斯等。
- 深度学习的灵感来自大脑的结构和功能，即许多神经元的互连。人工神经网络（ANN）是模拟大脑生物结构的算法。

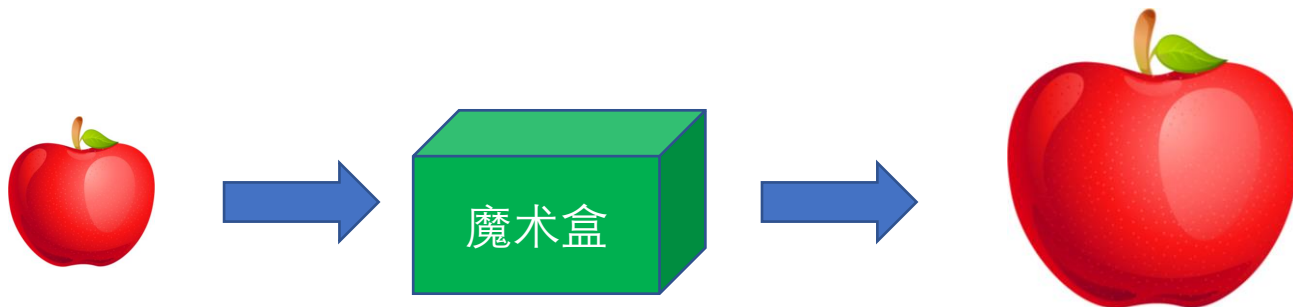




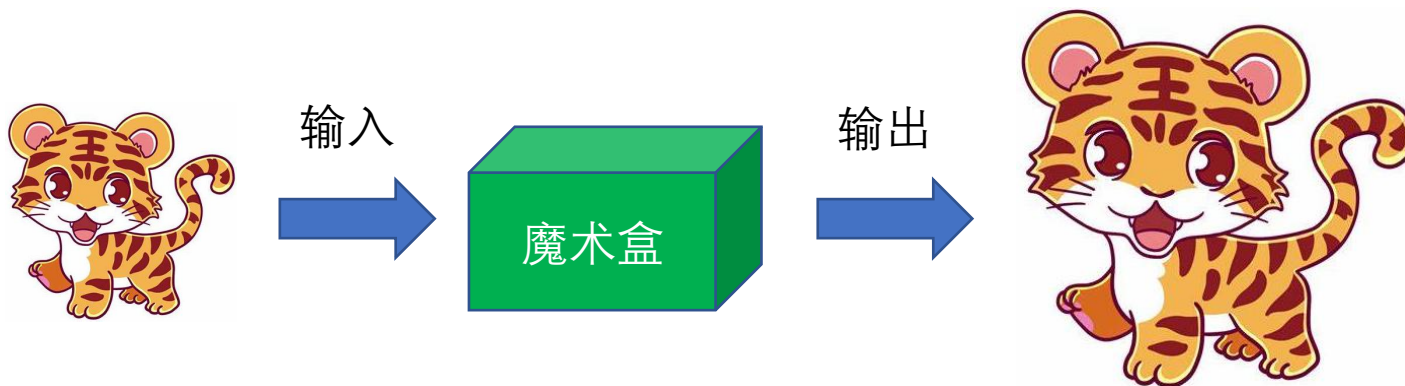
## 二、模型与参数



# 神奇的魔术盒

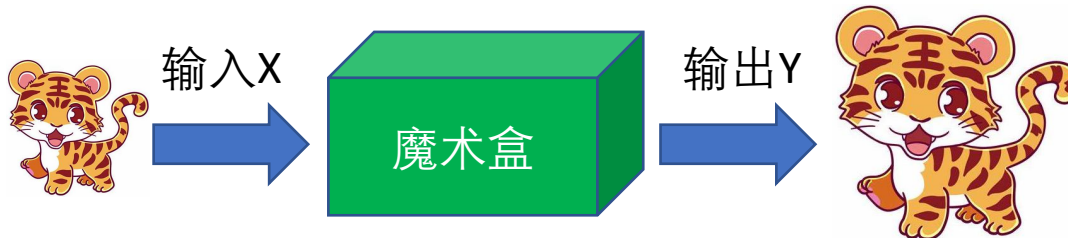


放大





# 输入与输出

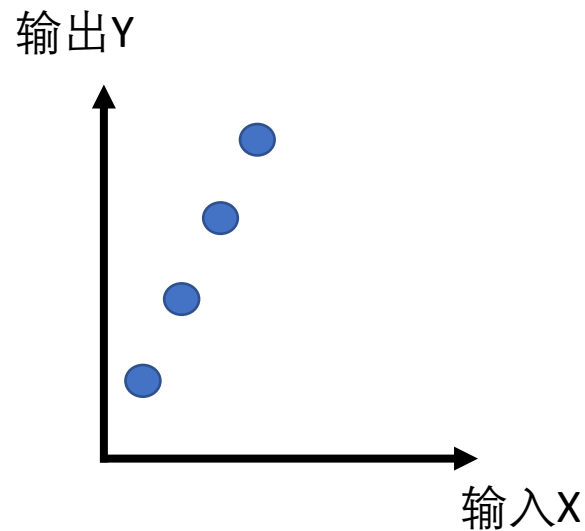


输入与输出的关系展示:

(1) 数据表

输入X	输出Y
1	2
2	4
3	6
4	8

(2) 数据图





# 数学模型



建立数学模型

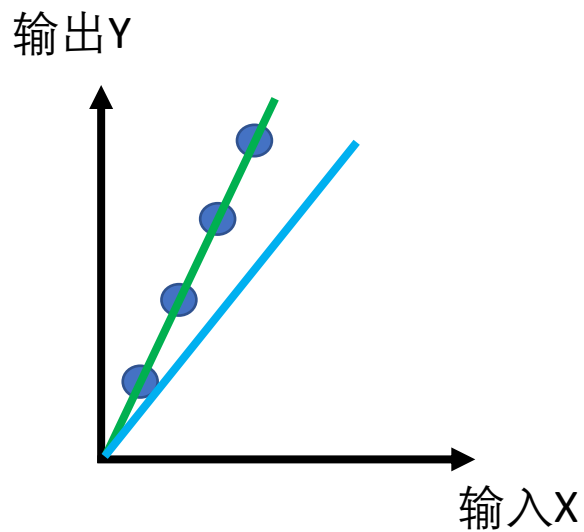


猜测:  $Y = 1.5 X$

$Y = 2 X$

...

输入X	输出Y
1	2
2	4
3	6
4	8





# 模型与参数



猜测:  $Y = 1.5 X$

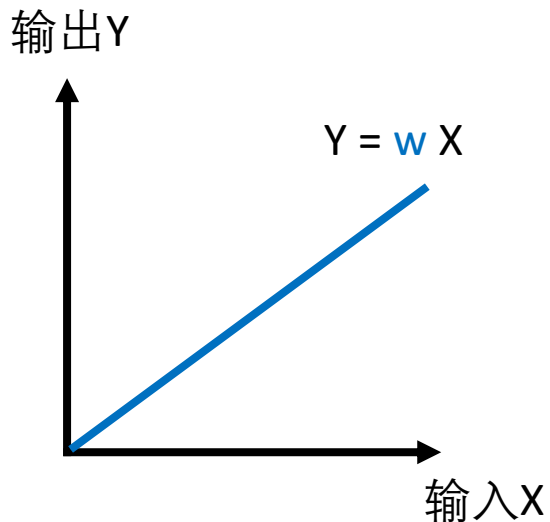
$Y = 2 X$

...



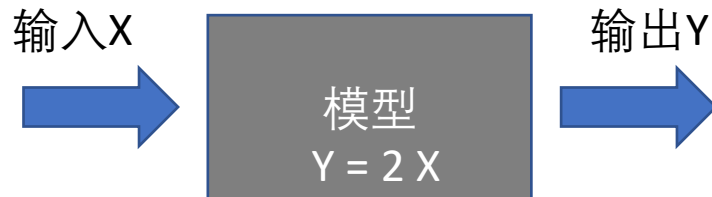
模型:  $Y = w X$

参数:  $w$





# 训练模型——找模型的参数



直线模型:  $Y = wX$

转化为一个新问题: 如何通过数据算出参数?

输入X	输出Y
1	2
2	4
3	6
4	8



样本:  $(X, Y)$



# 损失函数——评价参数好坏

损失值 = 所有样本的模型预测值 $wX$ 与真实值 $Y$ 的差的平方和

$$\text{Loss}(w) = \sum (wX - Y)^2$$

输入 $X$	输出 $Y$
1	2
2	4
3	6
4	8

当  $w = 1$  时

$$\begin{aligned}\text{Loss}(1) &= (1 \times 1 - 2)^2 + (1 \times 2 - 4)^2 \\ &\quad + (1 \times 3 - 6)^2 + (1 \times 4 - 8)^2 \\ &= 1 + 4 + 9 + 16 = 30\end{aligned}$$

当  $w = 2$  时

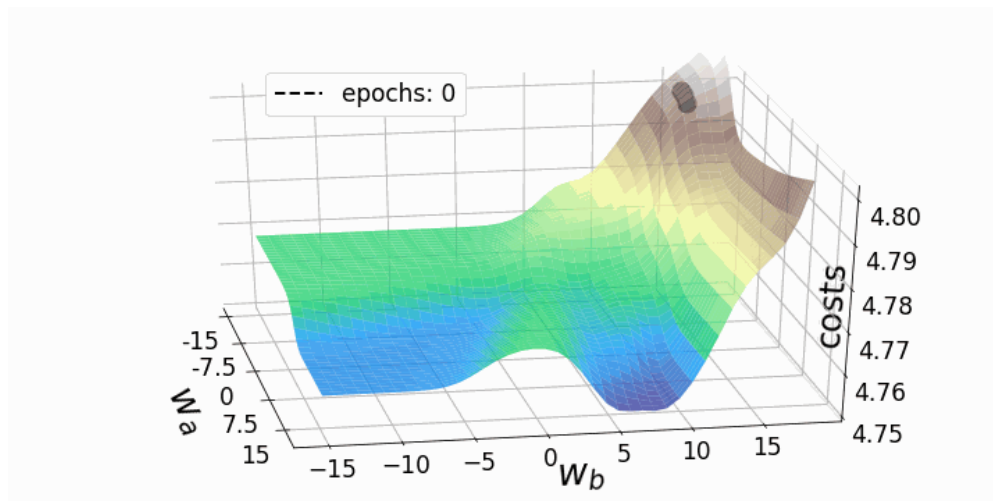
$$\begin{aligned}\text{Loss}(2) &= (2 \times 1 - 2)^2 + (2 \times 2 - 4)^2 \\ &\quad + (2 \times 3 - 6)^2 + (2 \times 4 - 8)^2 \\ &= 0 + 0 + 0 + 0 = 0\end{aligned}$$

最优化问题：找 $w$ ，使得Loss最小



# 下山

- **问题**：假设现在我们位于某个山腰处，想要以最快速度下山。
- **方法**：走一步算一步，每次沿着当前位置**最陡峭的方向**前进一小步，到达下一个位置，然后再沿下一个位置**最陡峭的方向**再前进一小步。这样一步步走下去，一直走到山脚。
- 下山最陡的方向对应数学函数**梯度的负方向**。

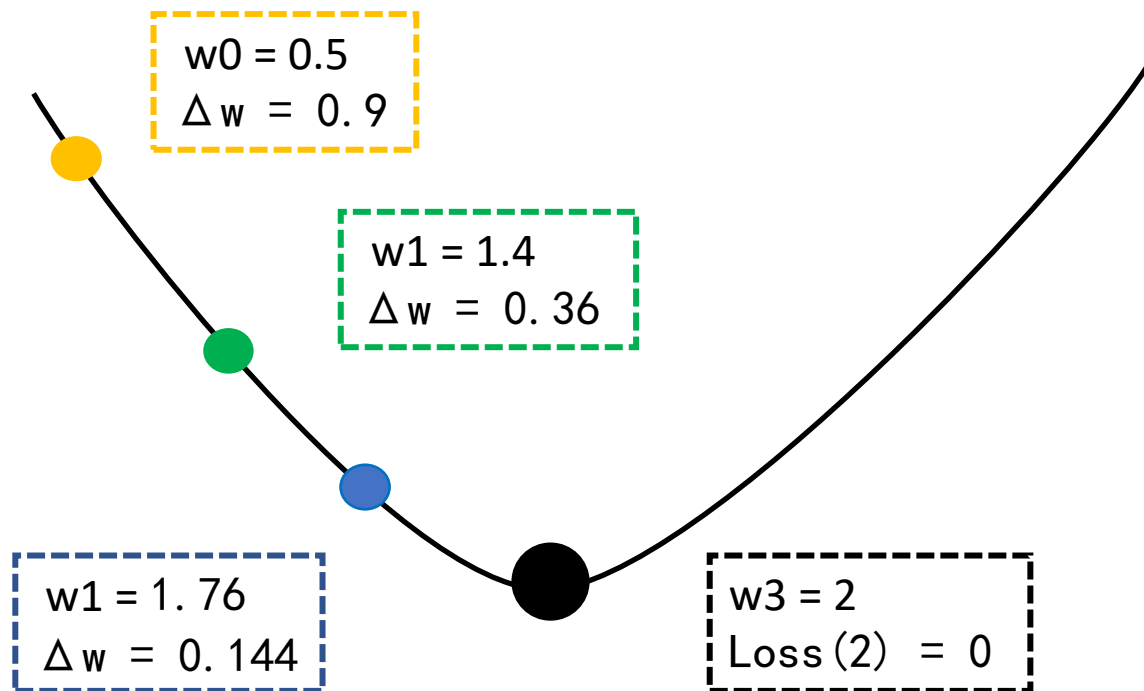




# 梯度下降法——找参数的方法

- 假设初始值  $w = w_0$
- 不断迭代:  $w_0 \rightarrow w_1 \rightarrow w_2 \rightarrow \dots$
- 参数  $w$  的变化量 = - 步长  $\times$  梯度

$$\Delta w = - \sum \alpha (wX - Y) X$$





# 训练/学习过程

$$\Delta w = -\sum \alpha (wX - Y) X \quad \text{Loss}(w) = \sum (Y - wX)^2$$

假设  $\alpha = 0.02$

$$w_0 = 0.5$$

$$\begin{aligned} \text{Loss}(0.5) &= (2 - 0.5 \cdot 1)^2 + (4 - 0.5 \cdot 2)^2 \\ &\quad + (6 - 0.5 \cdot 3)^2 + (8 - 0.5 \cdot 4)^2 = 67.5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta w &= \{-0.02 \cdot (0.5 \cdot 1 - 2) \cdot 1\} + \{-0.02 \cdot (0.5 \cdot 2 - 4) \cdot 2\} \\ &\quad + \{-0.02 \cdot (0.5 \cdot 3 - 6) \cdot 3\} + \{-0.02 \cdot (0.5 \cdot 4 - 8) \cdot 4\} \\ &= 0.9 \end{aligned}$$

$$w_1 = w_0 + \Delta w = 0.5 + 0.9 = 1.4$$

$$\begin{aligned} \text{Loss}(1.4) &= (2 - 1.4 \cdot 1)^2 + (4 - 1.4 \cdot 2)^2 \\ &\quad + (6 - 1.4 \cdot 3)^2 + (8 - 1.4 \cdot 4)^2 = 10.8 \end{aligned}$$

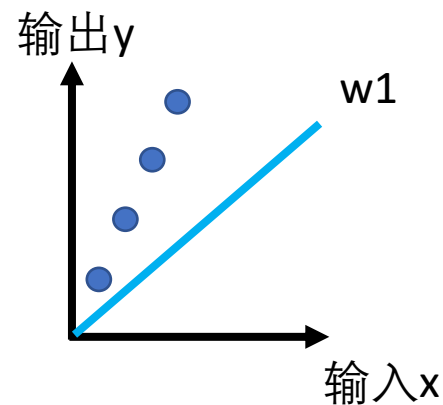
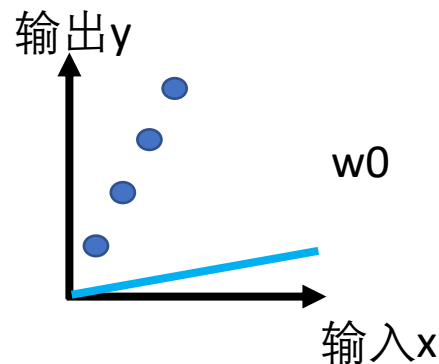
$$\begin{aligned} \Delta w &= \{-0.02 \cdot (1.4 \cdot 1 - 2) \cdot 1\} + \{-0.02 \cdot (1.4 \cdot 2 - 4) \cdot 2\} \\ &\quad + \{-0.02 \cdot (1.4 \cdot 3 - 6) \cdot 3\} + \{-0.02 \cdot (1.4 \cdot 4 - 8) \cdot 4\} \\ &= 0.36 \end{aligned}$$

$$w_2 = w_1 + \Delta w = 1.4 + 0.36 = 1.76$$

$$\Delta w = 0.144$$

...

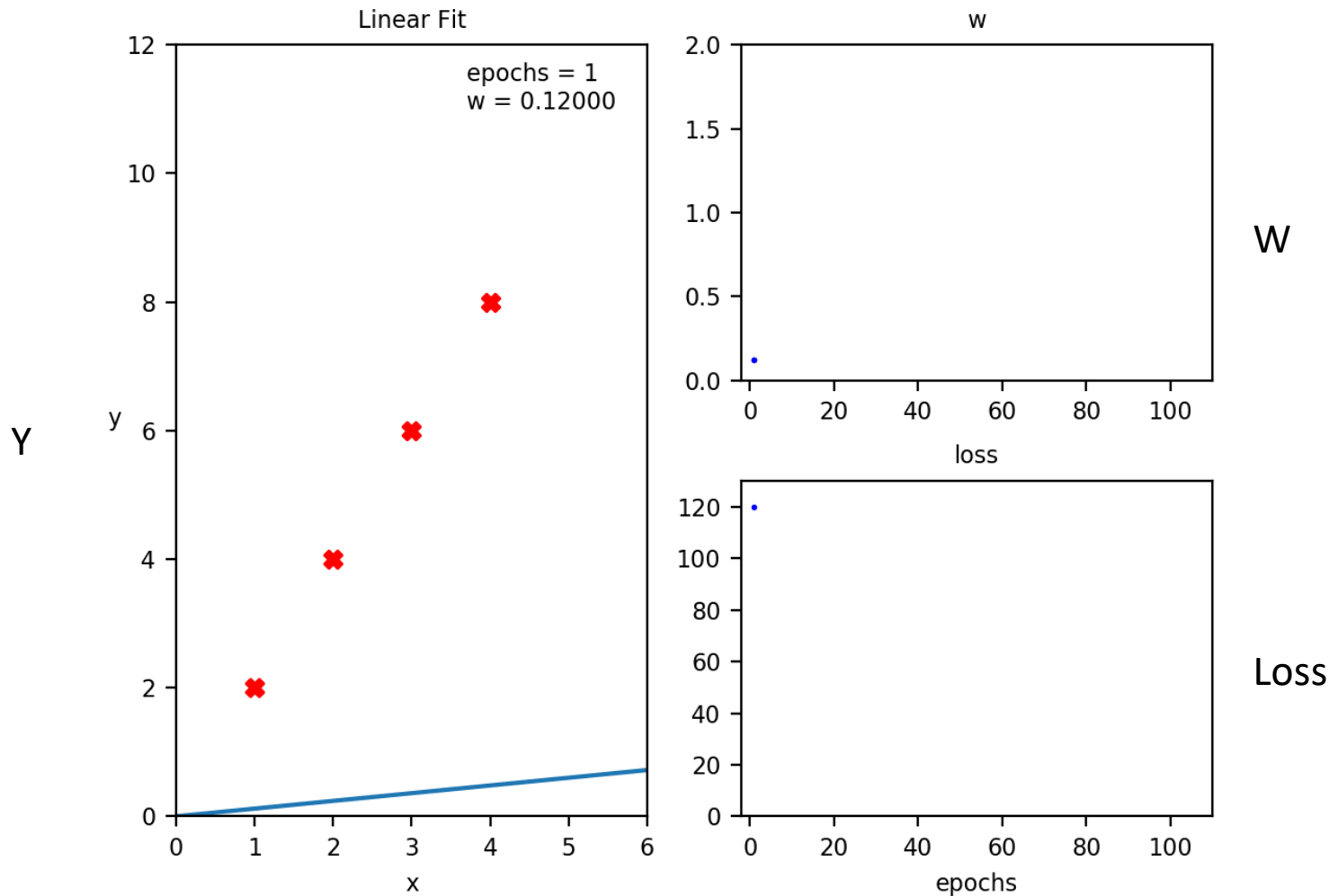
输入X	输出Y
1	2
2	4
3	6
4	8





# 过程动画

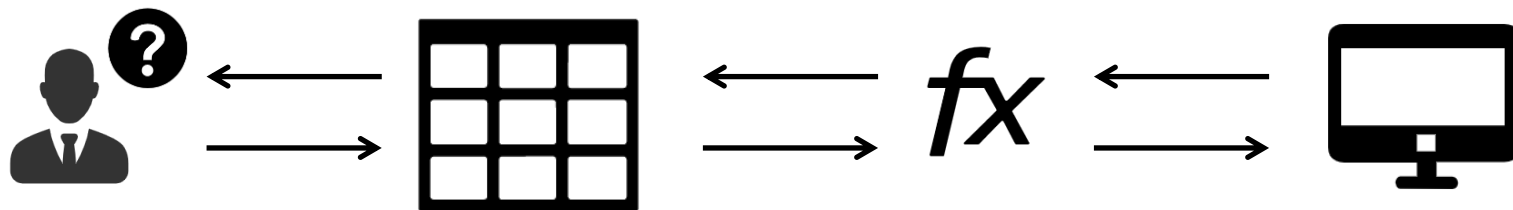
- 训练过程就是不断调整参数的过程，直到我们觉得训练所得的参数与真实参数非常接近为止。





# 小结

1. **建立模型**：把生活中的实际问题表达成一个合适的数学模型，模型中含有未知的参数。
2. **收集数据**：收集样本数据。
3. **训练模型**：用数学方法找数学模型的最优参数，使得损失函数最小。
4. **应用模型**：解决现实问题，输入一个未知输入到带参数的模型，模型给出一个输出。



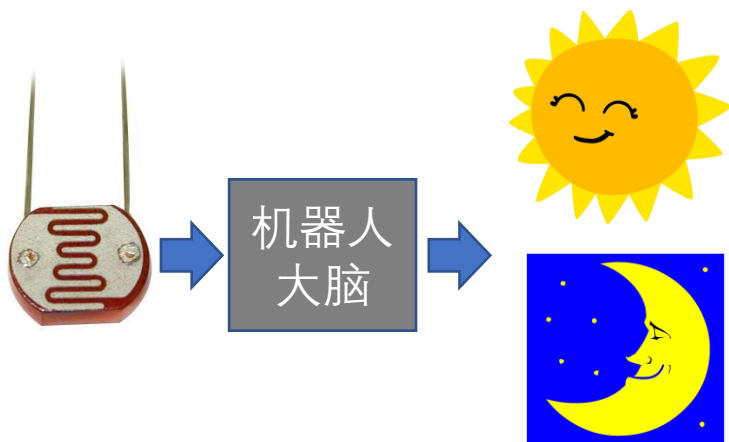


### 三、人工神经元

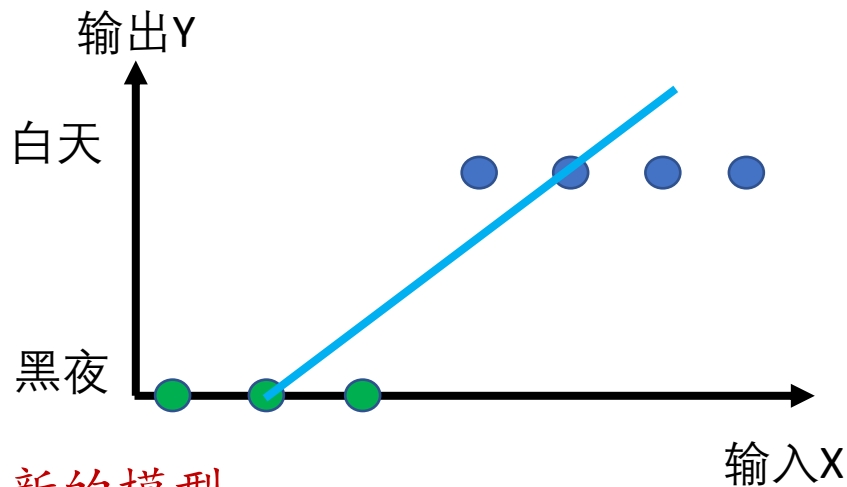


# 分类问题——白天黑夜

- 根据光线强度，判断是白天还是夜晚



输入X (光敏电阻数值)	输出Y (白天/夜晚)
300	0
380	0
780	1
900	1

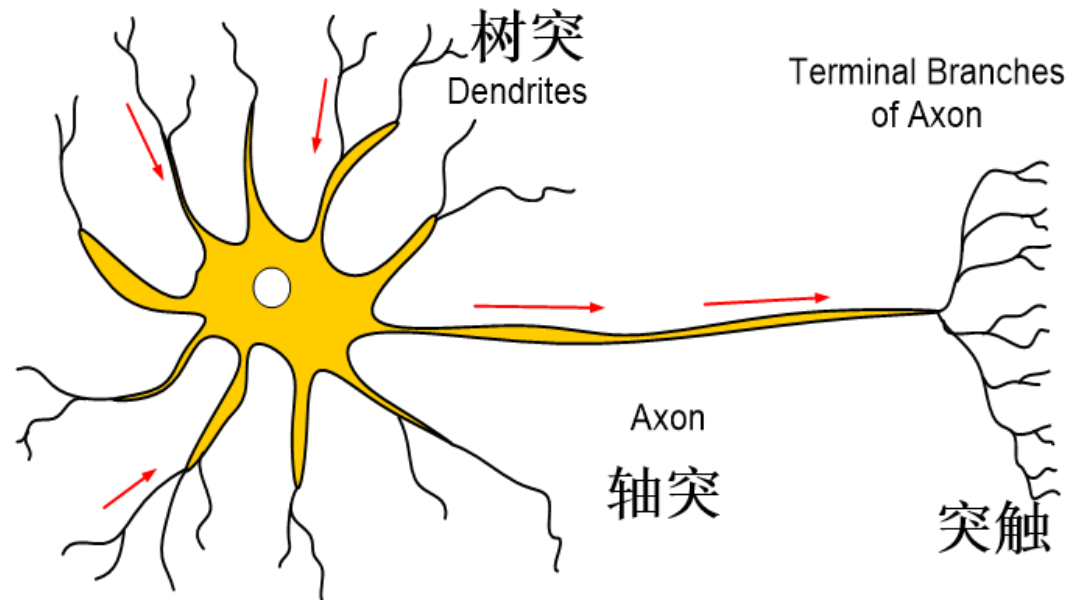


- 需要寻找新的模型



# 生物神经元

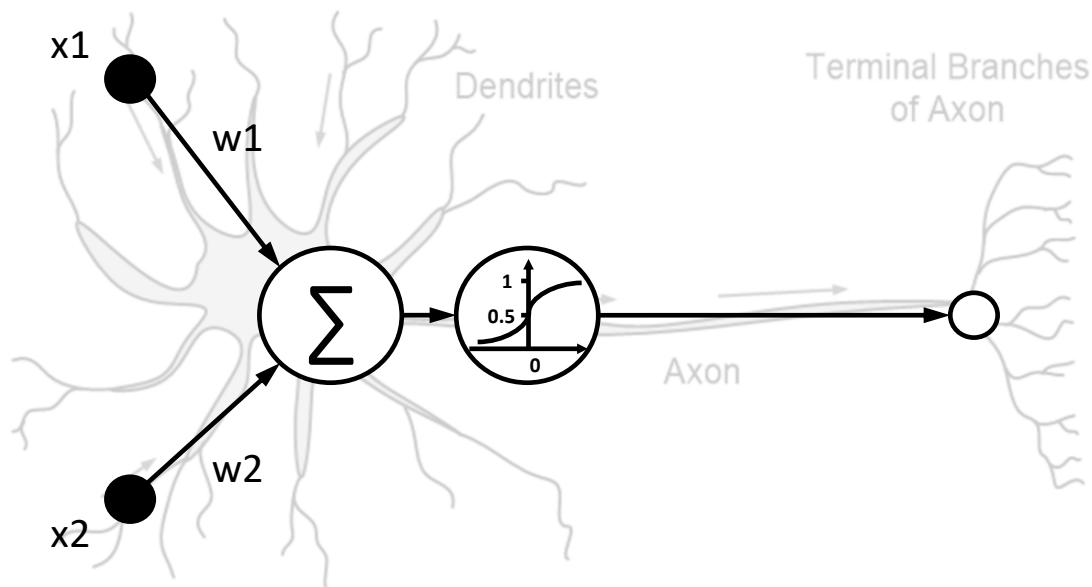
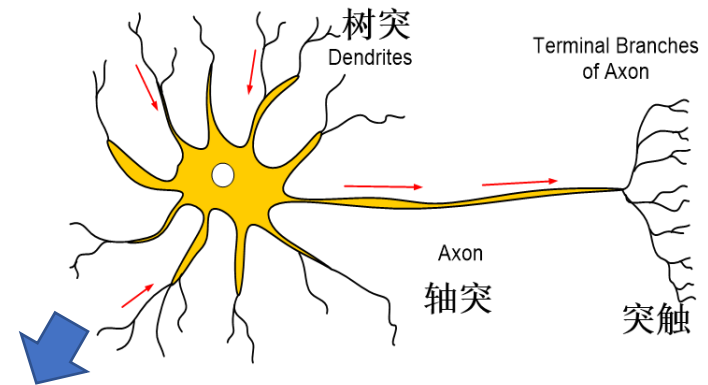
- **树突**：用来接受传入信息
- **轴突**：其末梢与其他神经元的树突相连，从而向他神经元传递信号
- **突触**：轴突末梢





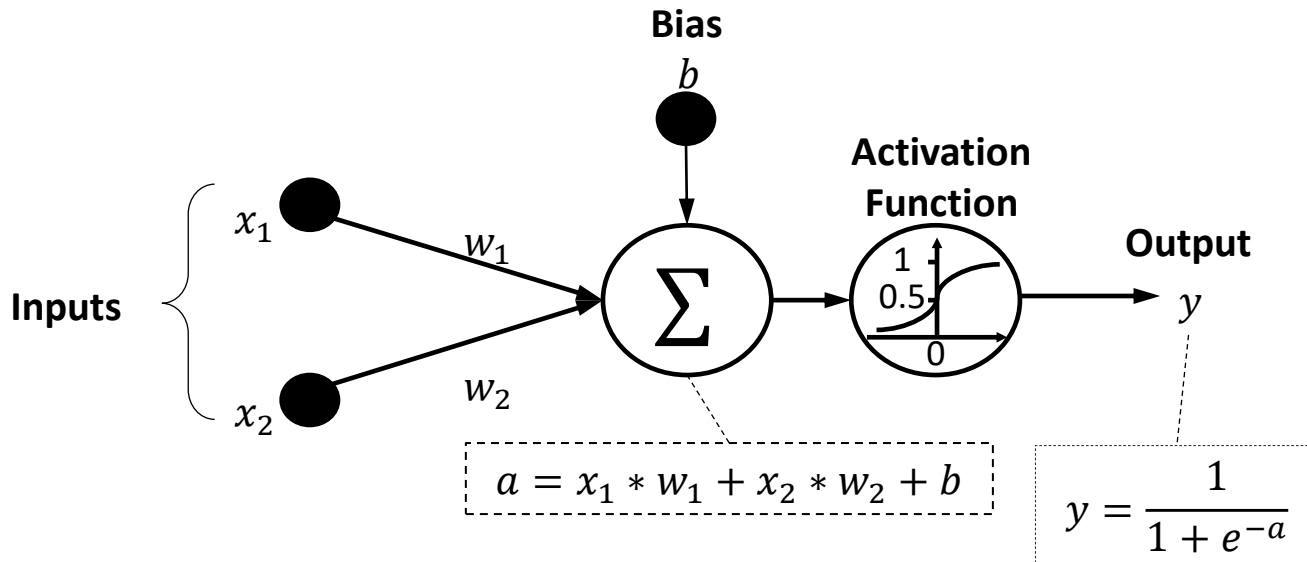
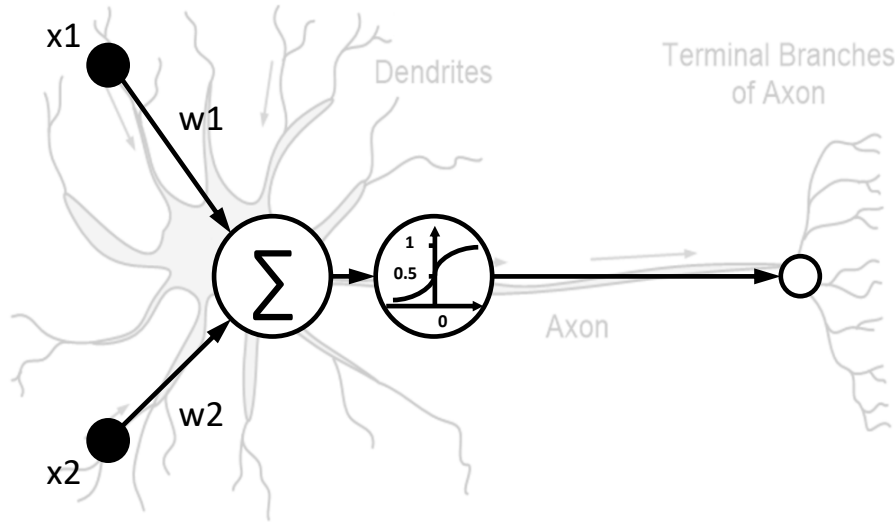
# M-P神经元模型

- McCulloch 和 Pitts [1943]
- 输入：神经元的树突
- 输出：神经元的轴突
- 计算：细胞核





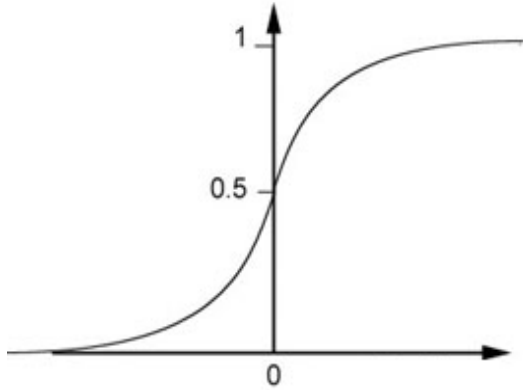
# M-P神经元模型





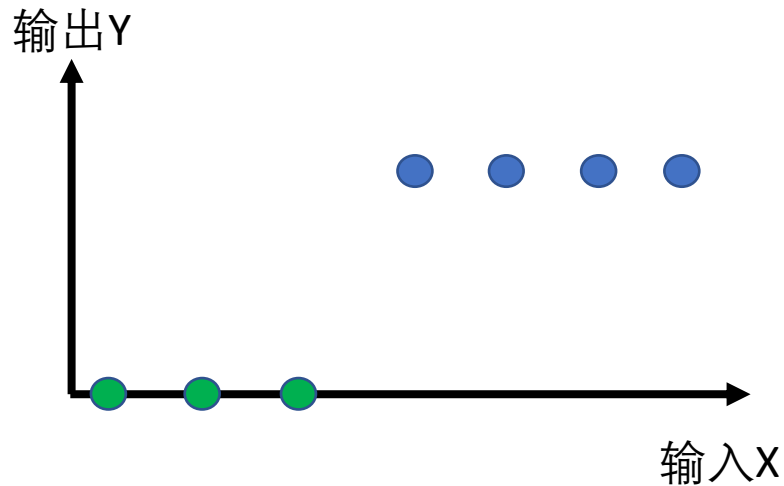
# Sigmoid函数

- 音译为逻辑函数



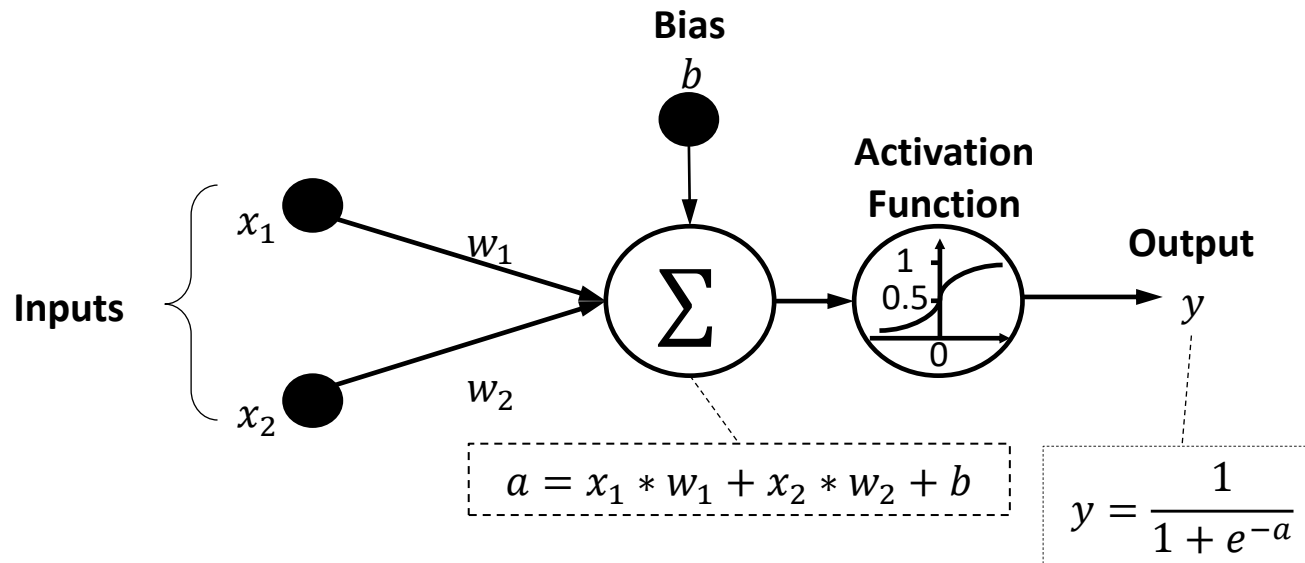
Sigmoid Function:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$





# 人工神经元模型



- 输入：  $x_1$ ,  $x_2$
- 输出：  $y$
- 参数：  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $b$

- 模型公式： 
$$y = \frac{1}{1 + e^{-(x_1 * w_1 + x_2 * w_2 + b)}}$$



# 训练/学习——找模型的参数

- 交叉熵损失函数:

$$\text{loss}(w_1, w_2, b) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n -[(y_i * \log \hat{y}_i) + (1 - y_i) * \log(1 - \hat{y}_i)]$$

- 权重更新公式:

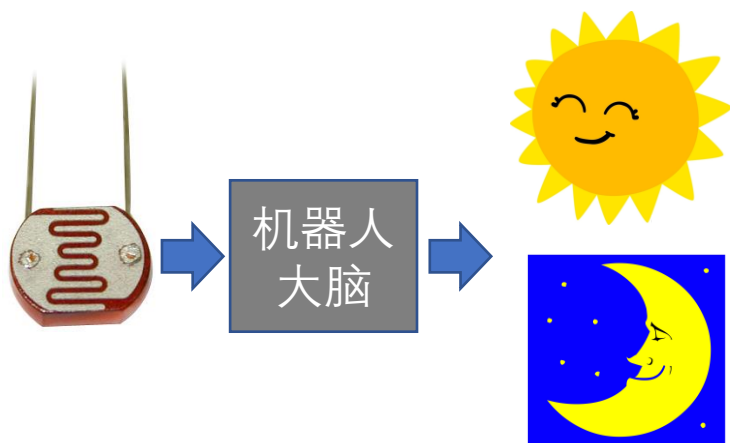
$$\Delta w_1 = \frac{1}{N} * (-\alpha) \sum_{i=0}^n (\hat{y}_i - y_i) * x_1^i$$

$$\Delta w_2 = \frac{1}{N} * (-\alpha) \sum_{i=0}^n (\hat{y}_i - y_i) * x_2^i$$

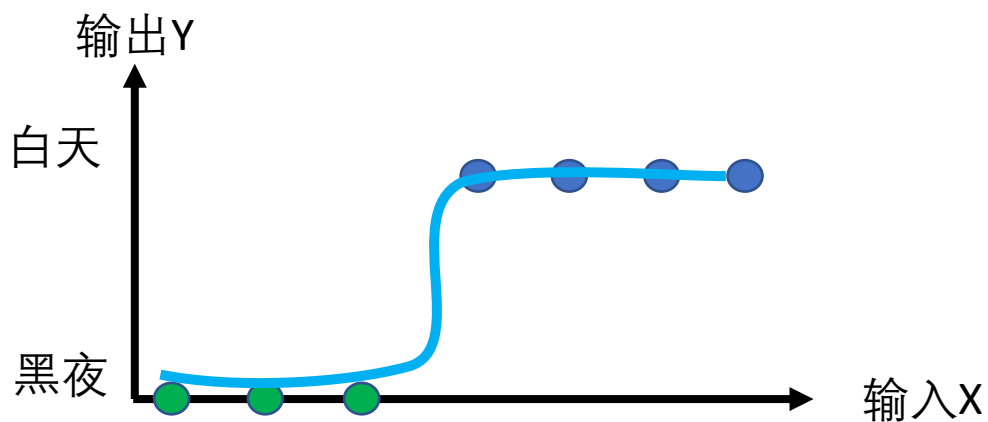
$$\Delta b = \frac{1}{N} * (-\alpha) \sum_{i=0}^n (\hat{y}_i - y_i)$$



# 分类问题——白天黑夜



输入X (光敏电阻数值)	输出Y (白天/夜晚)
300	0
380	0
780	1
900	1

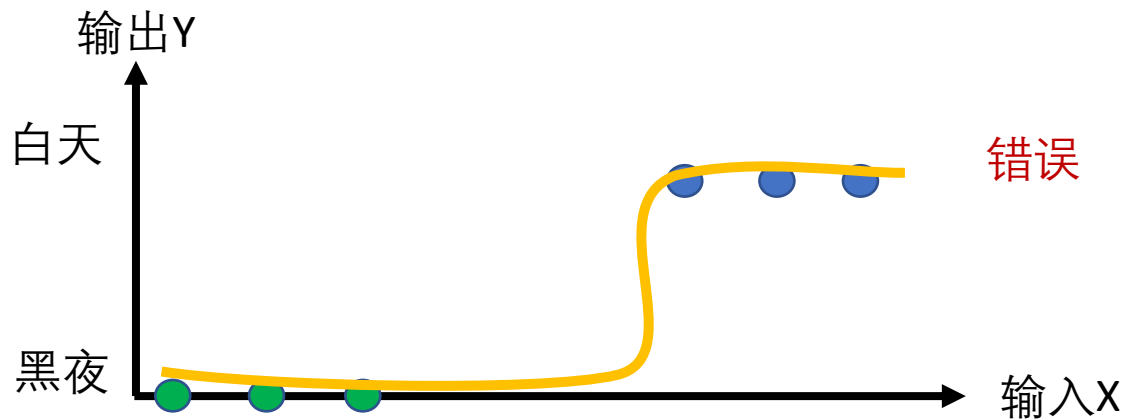
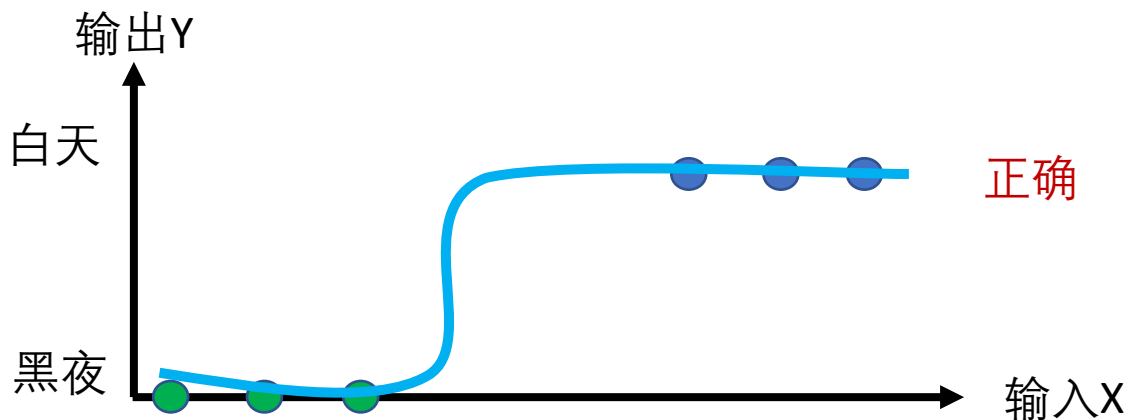


神经元模型



# 思考——训练数据少

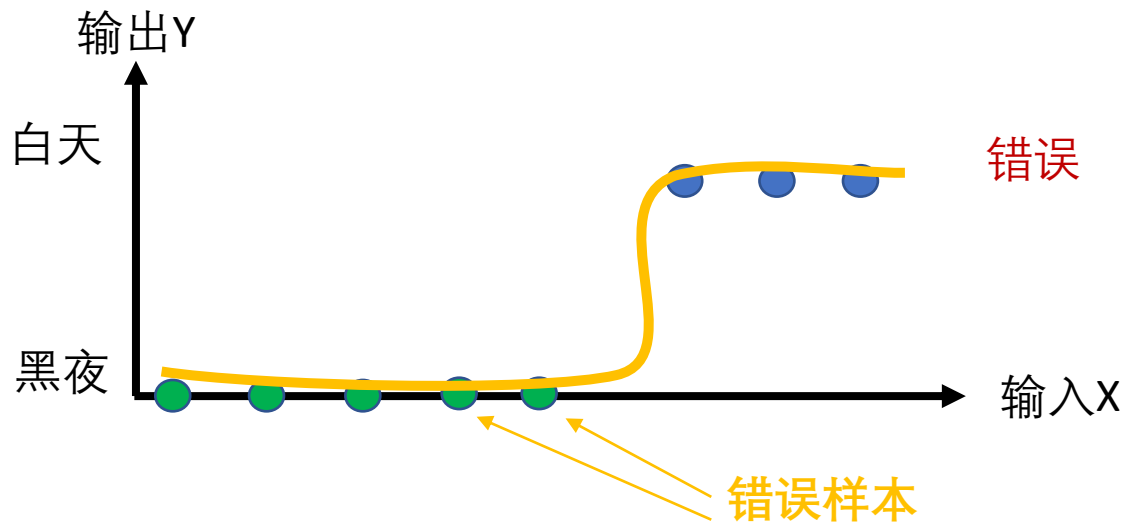
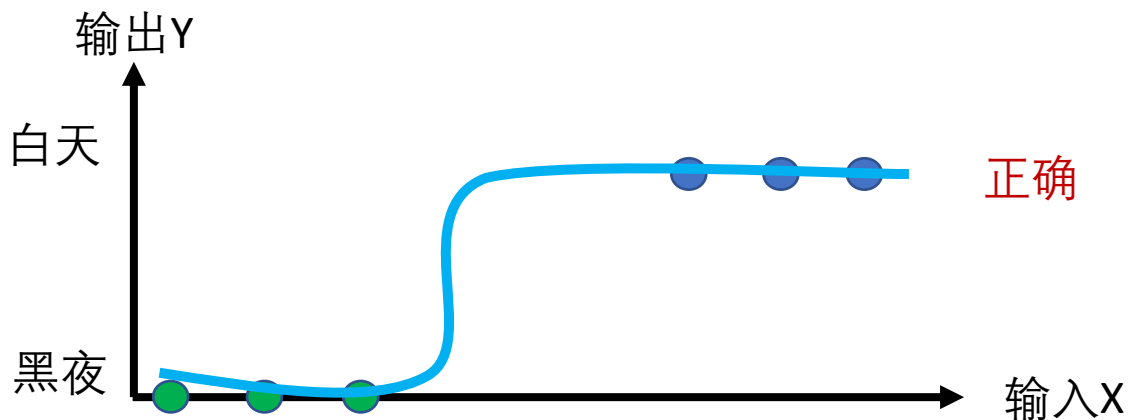
- 如果训练数据少，会怎么样？





# 思考——错误样本

- 如果训练了错误样本，会怎么样？





# 分类问题——老虎与猫



输入X



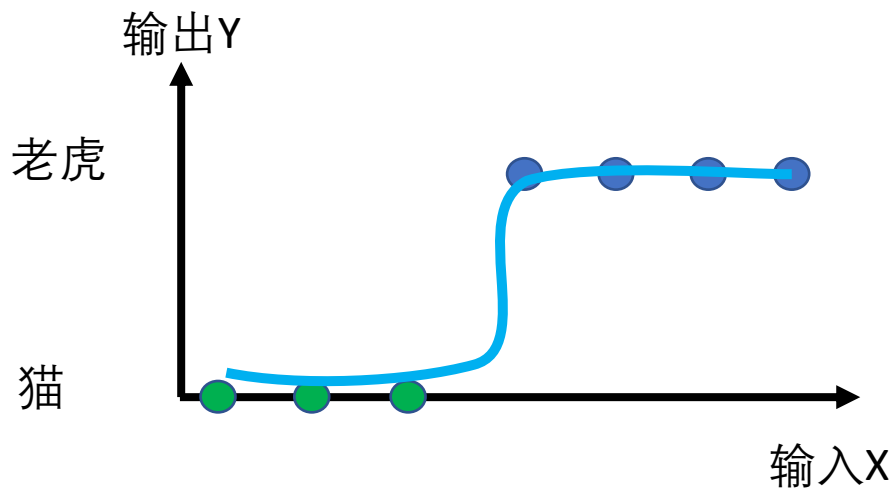
体重

人工神经元  
模型

输出Y



老虎 / 猫





# 分类问题——老虎与猫



输入X



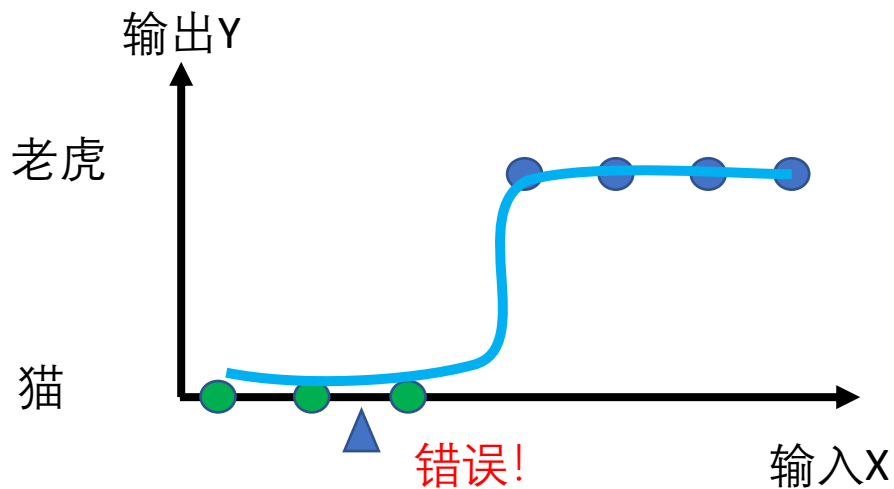
体重



输出Y



老虎 / 猫





# 分类问题——老虎与猫



输入X



人工神经元  
模型

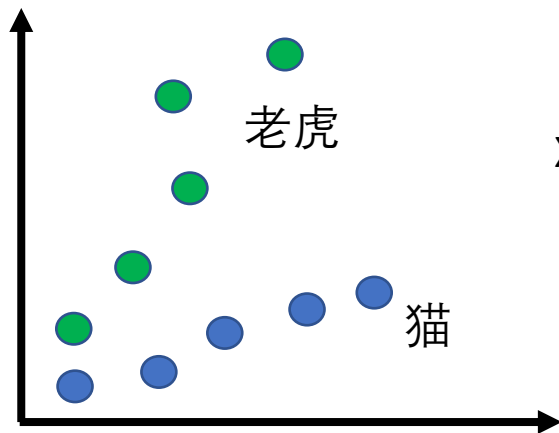
输出Y



老虎 / 猫

体重  
年龄

输入X2体重



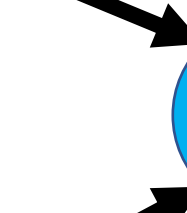
老虎

猫

输入X1年龄

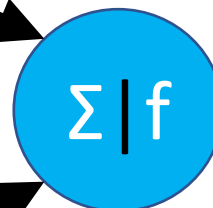
X1

w1



X2

w2



b

Y





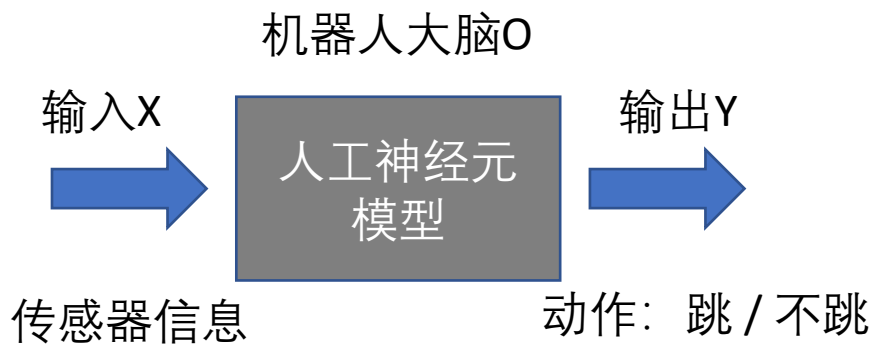
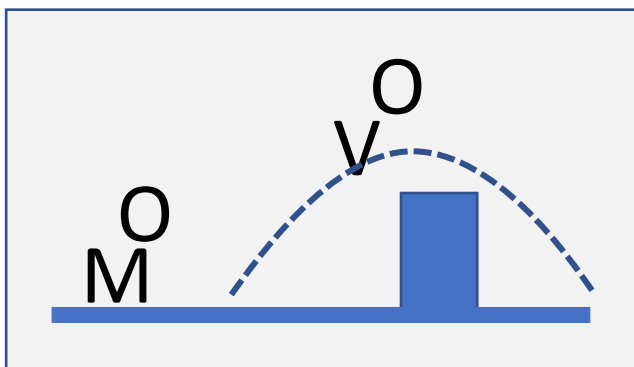
## 四、欧姆特机器人

人工神经元的应用案例



# 欧姆特机器人

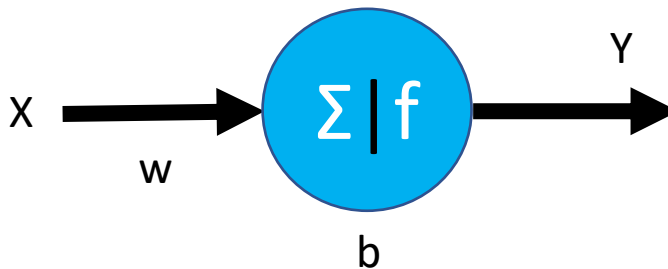
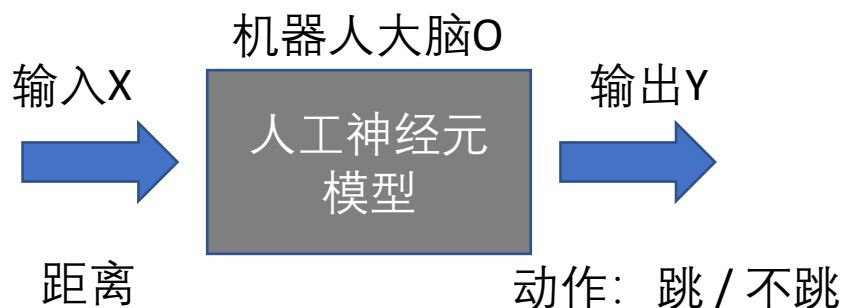
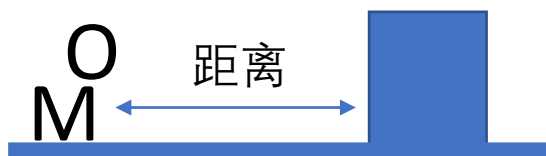
- 虚拟机器人在奔跑，不断跨越障碍物
- 用O和M字母组合出机器人形状，故称之为欧姆特机器人





# 模型的输入：距离

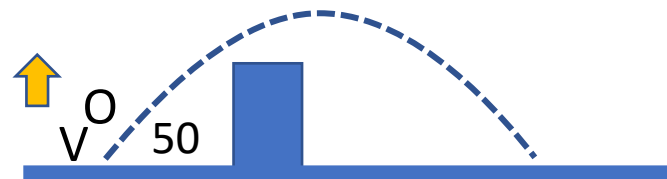
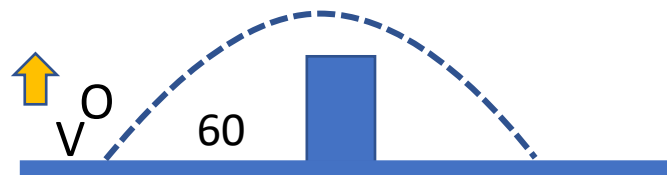
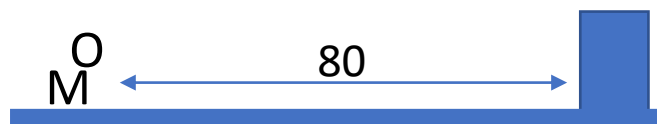
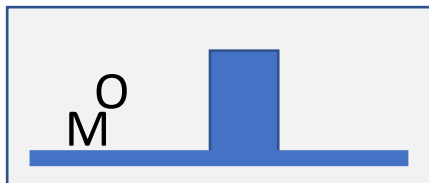
- 传感器输入X是机器人与前方障碍物的距离





# 1. 采集样本阶段

- 机器人在奔跑；
- 主人/教练观察机器人与障碍物的距离；
- 按键时，机器人跳跃；
- 采集一定数量的样本，包含跳和不跳的样本。



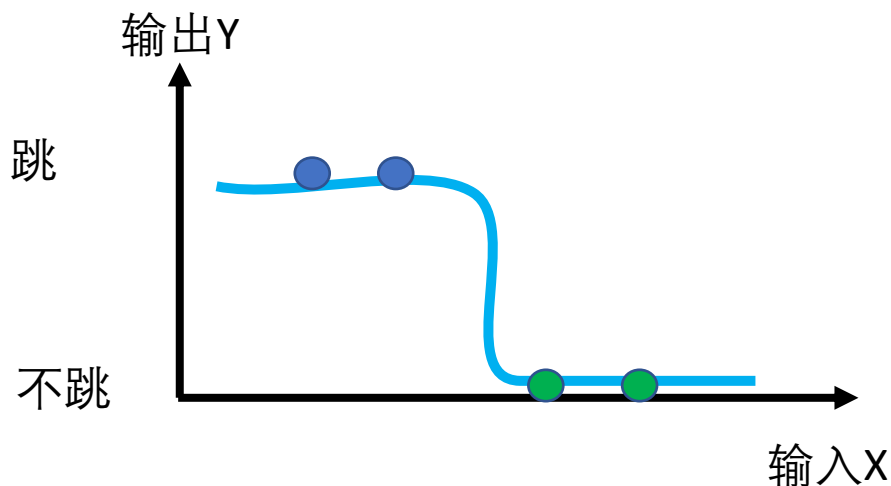
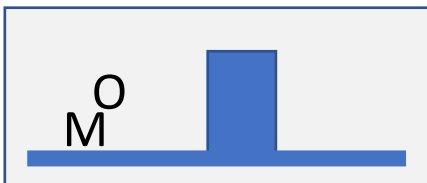
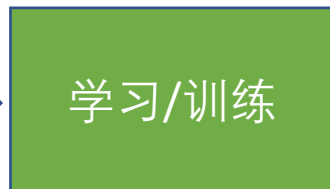
输入X (距离)	输出Y (跳)
80	0
70	0
60	1
50	1



## 2. 训练模型阶段

- 输入样本数据，不断修改模型的参数 $w$ 和 $b$ ，尽可能使得人工神经元模型和样本数据吻合。

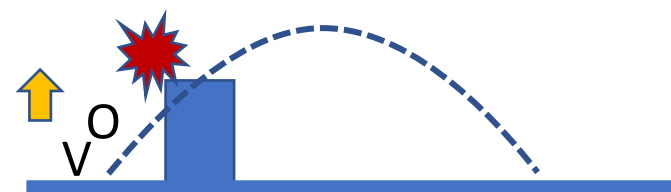
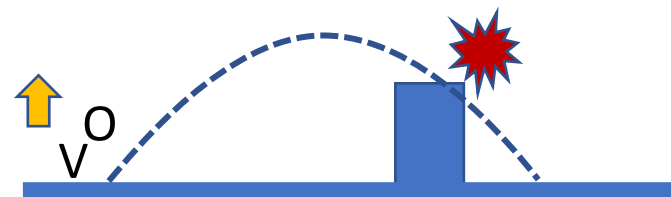
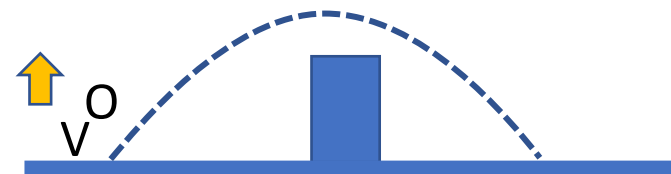
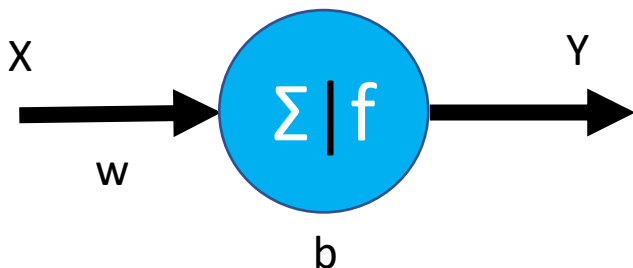
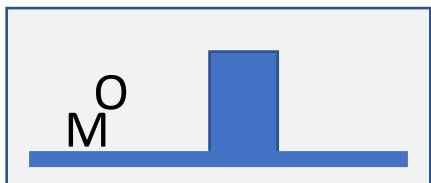
输入X (距离)	输出Y (跳)
80	0
70	0
60	1
50	1





# 3. 运行模型阶段

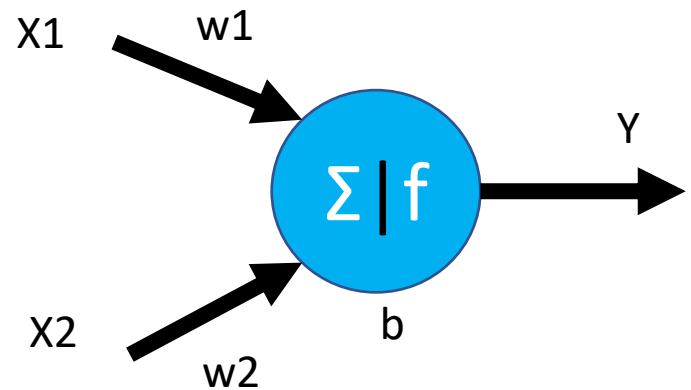
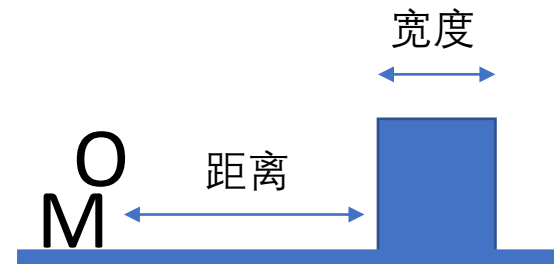
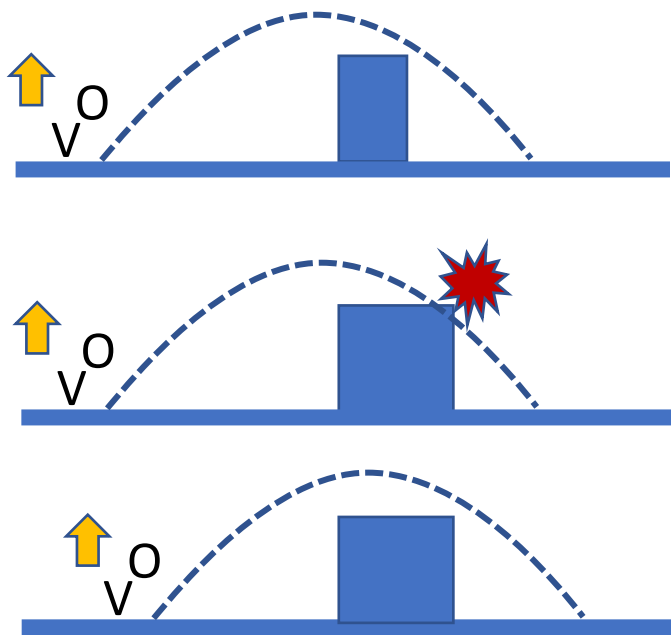
- 机器人在奔跑；
- 机器人观察机器人与障碍物的距离；
- 输入距离到人工神经单元；
- 输出为1时，机器人跳跃；
- 输出为0时，机器人不跳跃。





# 变化的障碍物宽度

- 假设障碍物的宽度是不一样的
- 障碍物变宽时，靠近点跳

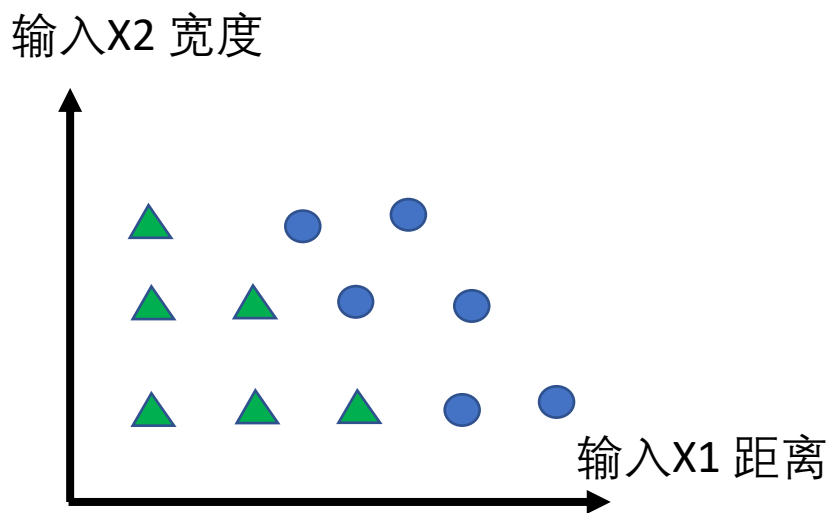




# 双输入的人工神经元

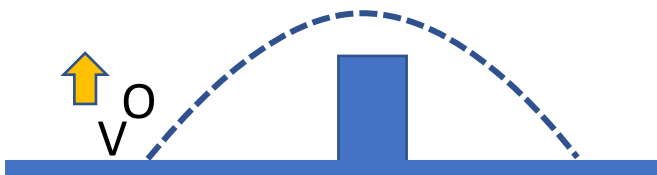
- 主人/教练观察机器人与障碍物的距离、障碍物的宽度；
- 采集一定数量的样本，包含跳和不跳的样本；
- 训练模型，得到参数 $w_1, w_2, b$

输入X1 (距离)	输入X2 (宽度)	输出Y (跳)
80	5	0
80	10	0
70	5	0
60	10	0
50	10	1
40	10	1
30	5	1

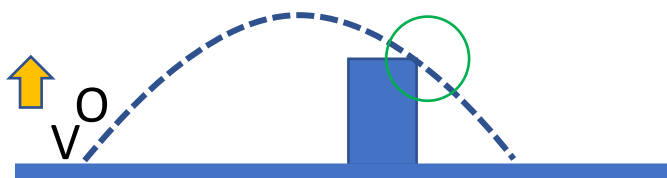




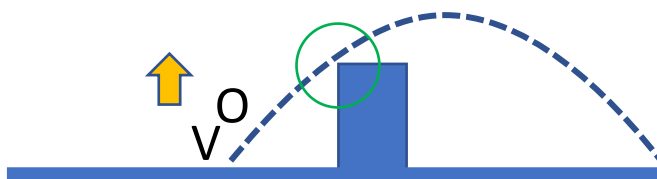
# 讨论：起跳时机



1. 早跳，但是要保证落地时不要碰

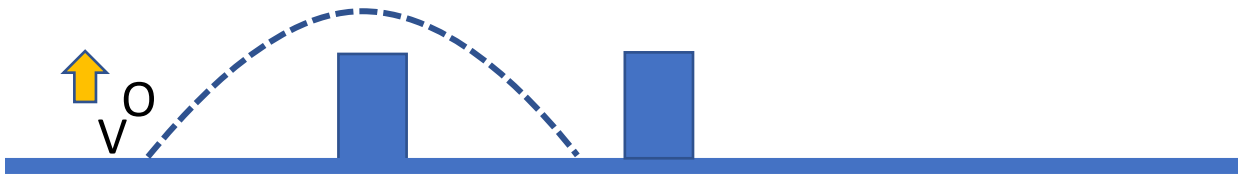


2. 晚跳，但是要保证起飞时不要碰

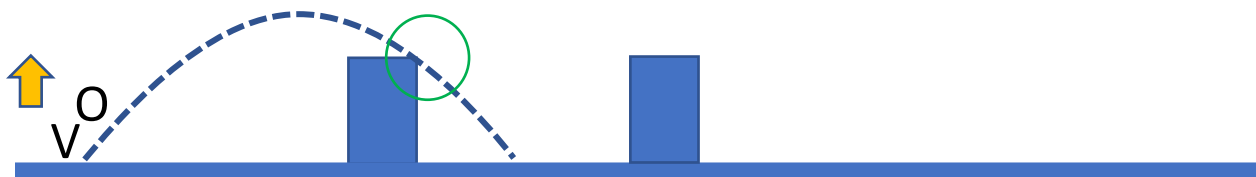




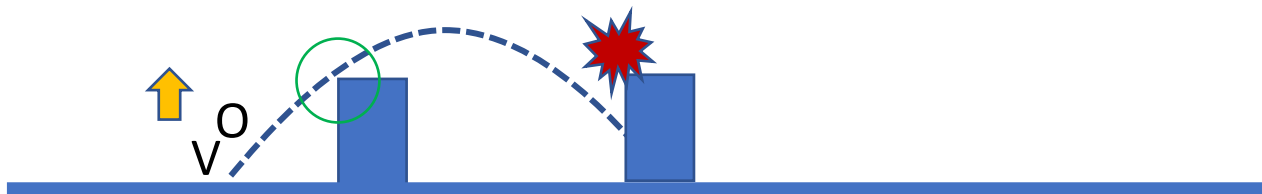
# 起跳策略



1. 早跳，但是要保证落地时不要碰



2. 晚跳，但是要保证起飞时不要碰



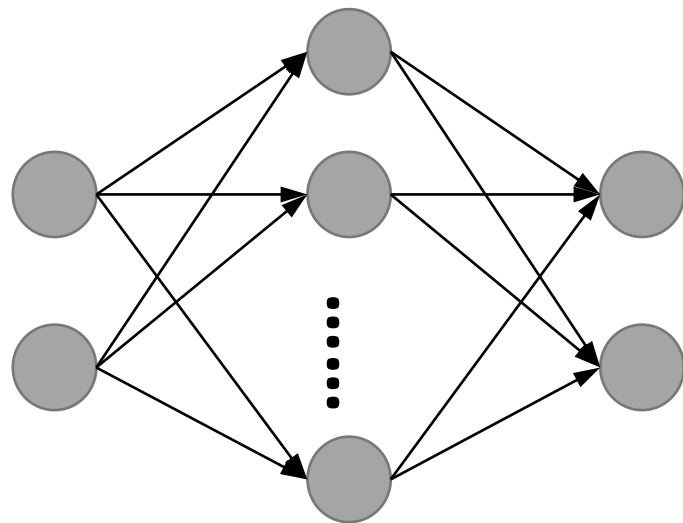
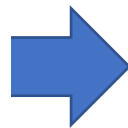
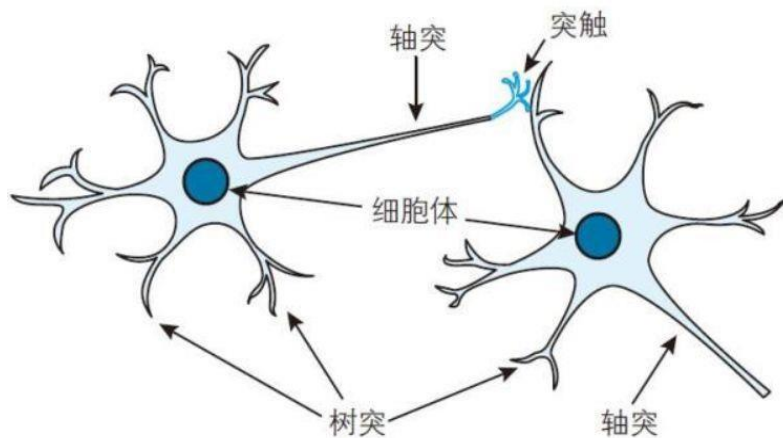


## 五、人工神经网络



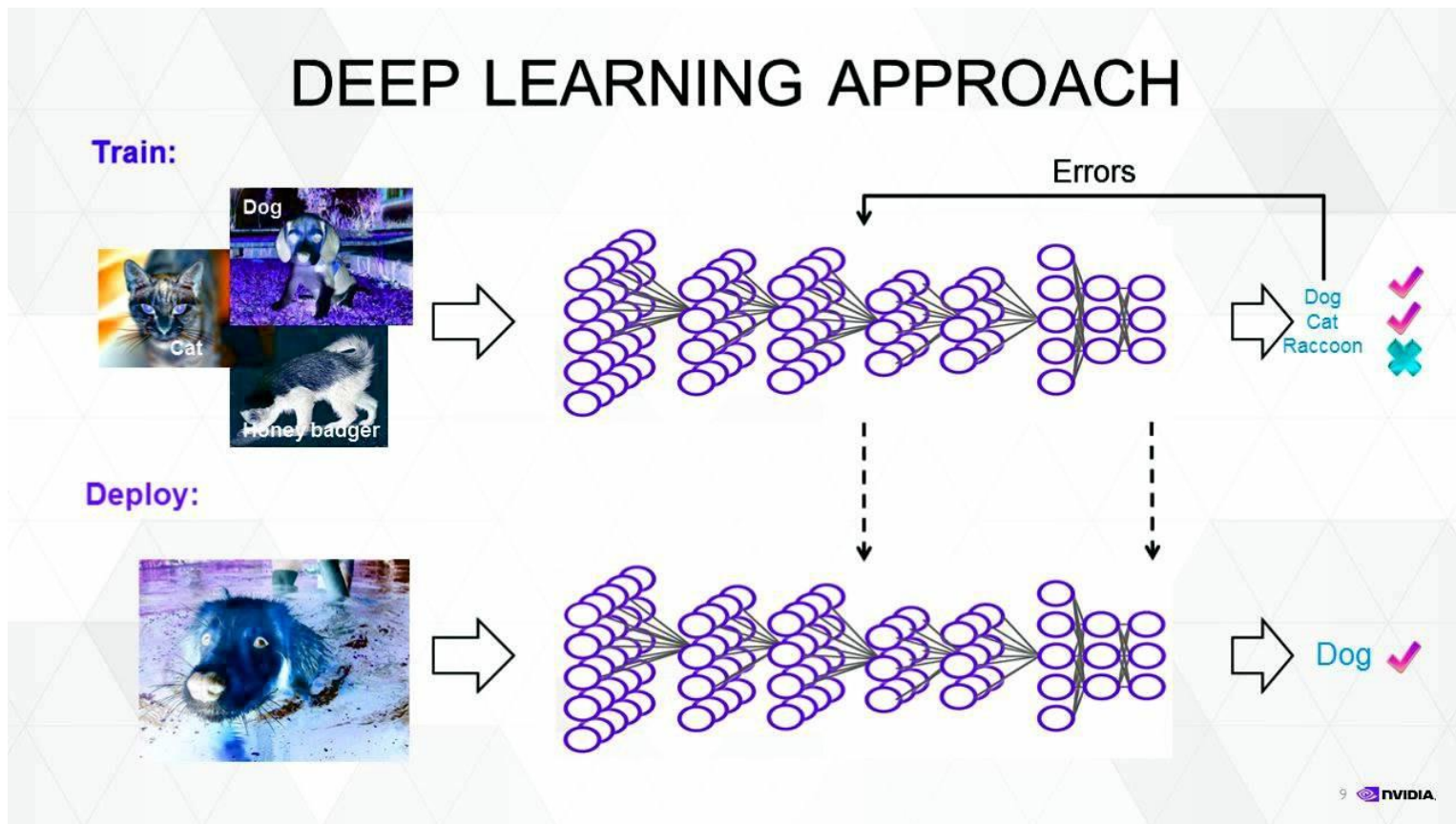
# 人工神经网络

- 多个神经元可以连接成神经网络，用以处理更加复杂的特征关系





# 深度神经网络/深度学习



算法改进

大数据

计算力

谢谢！

