# ML Lecture 6: Brief Introduction of Deep Learning

> 臺灣大學人工智慧中心 科技部人工智慧技術暨全幅健康照護聯合研究中心 [http://ai.ntu.edu.tw](http://ai.ntu.edu.tw)

## History of Deep Learning

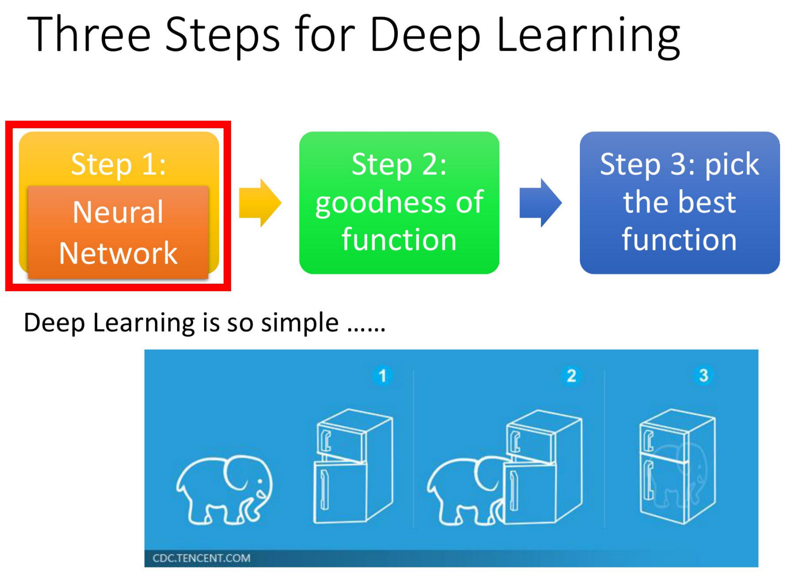
***Ups and downs of Deep Learning***

- 1958: Perceptron (linear model)
- 1969: Perceptron has limitation
- 1980s: Multi-layer perceptron
  - Do not have significant difference from DNN today
- 1986: Backpropagation
  - Usually more than 3 hidden layers is not helpful
- 1989: 1 hidden layer is “good enough”, why deep?
- 2006: RBM initialization
- 2009: GPU
- 2011: Start to be popular in speech recognition
- 2012: win ILSVRC image competition
- 2015.2: Image recognition surpassing human-level performance
- 2016.3: Alpha GO beats Lee Sedol
- 2016.10: Speech recognition system as good as humans

---

## Three Steps of Deep Learning

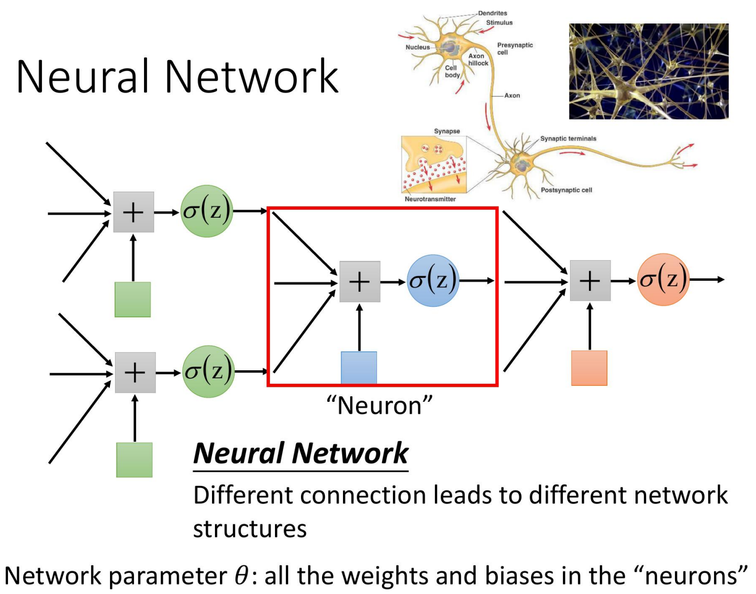
- Deep Learning 的三個 step，和先前 Machine Learning 的三個 Step 是一樣的
- 如同將大象放進冰箱只需三步驟：「門打開、趕大象進去、門關起來」，就這麼簡單




## Step 1: Define a Neural Network

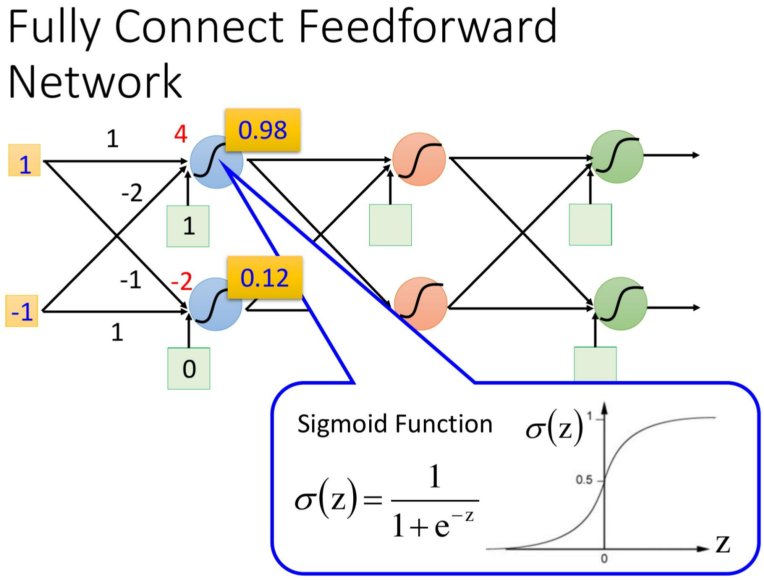
- **Definition**

> Neuron：一個 Logistic Regression，即為一個 neuron Neural Network：將 Logistic Regression 前後連接在一起，即為一個 neural network，以下簡稱 NN Structure：以不同方法連接這些 NN，就形成不同的 structure Parameter (θ)：將每個 Logistic Regression 自己的 weight 跟 bias 集合起來，就是此 NN 的 parameter

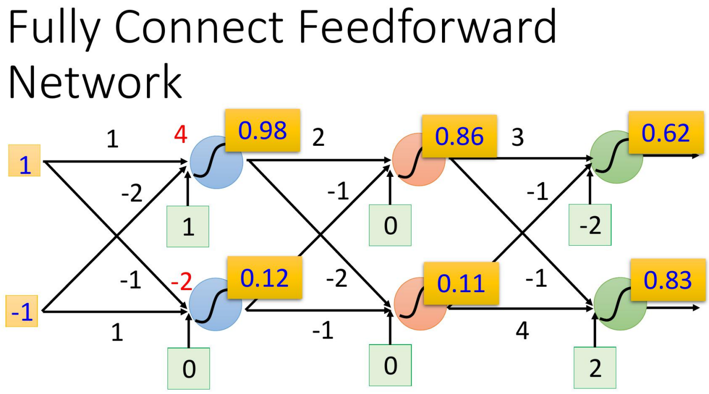



- **Fully Connected Feedforward Network**（最常見的連接方式）

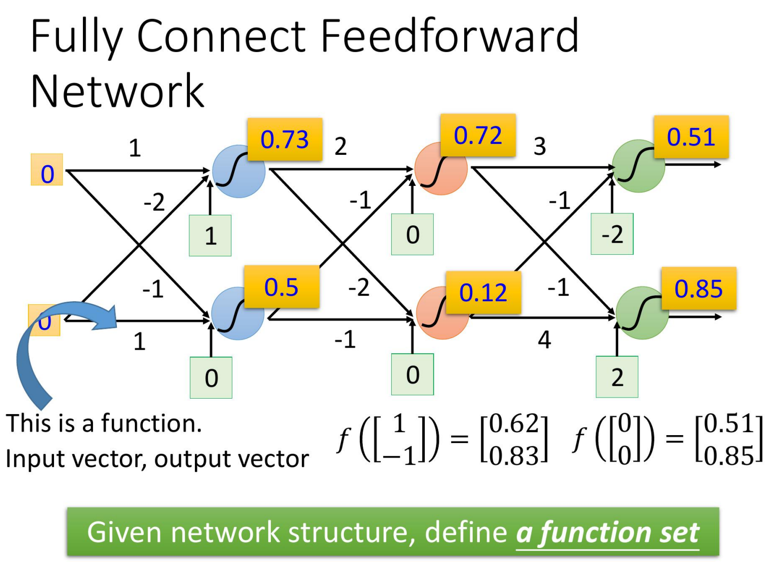
> 上面藍色 neuron 的 weight 是 (1, -2)、bias 是 -1 (綠正方形框框) 下面藍色 neuron 的 weight 是 (-1, 1)、bias 是 0 (綠正方形框框) **Input**: (1, -1) --> $1 * 1 + (-1) * (-2)$，再加 1(bias)，經過 sigmoid function 後，得到 0.98
>
> -->$1 * (-1) + (-1) * 1$，再加 0(bias)，經過 sigmoid function 後，得到 0.12



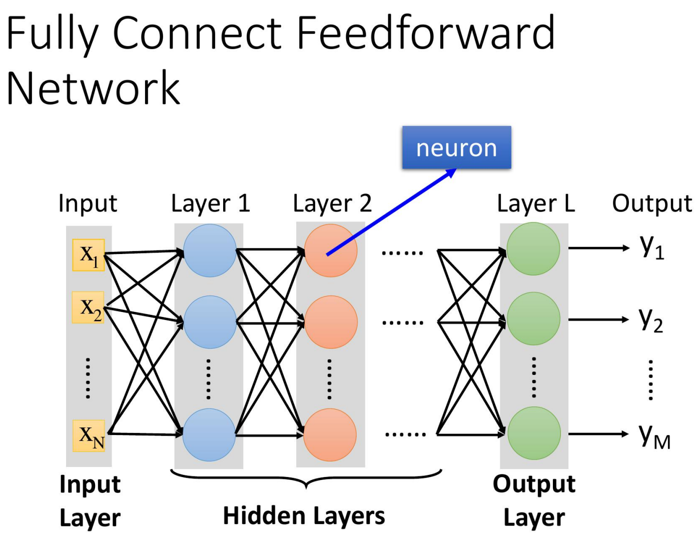

> 範例一（如下圖） **Input: (1, -1) --> (0.98, 0.12) --> (0.86, 0.11) --> (0.62, 0.83)**



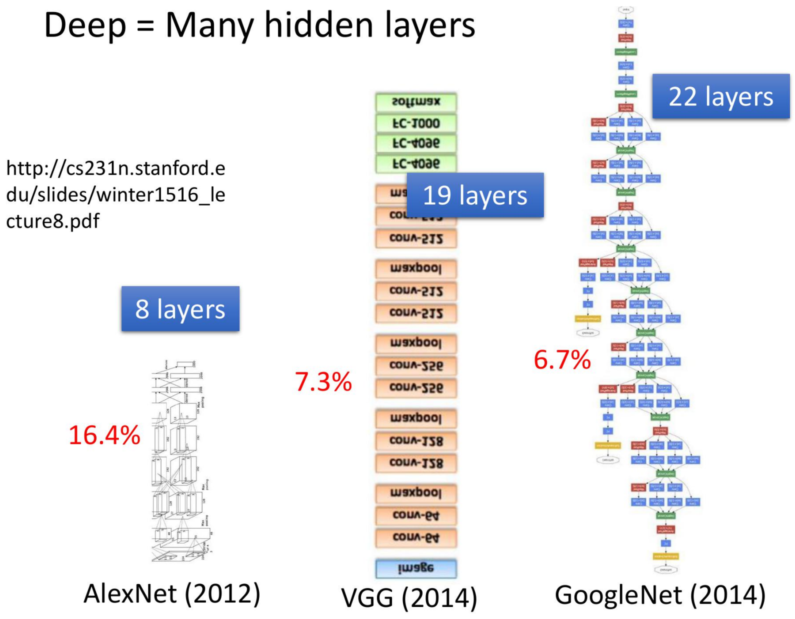

> 範例二（如下圖） **Input: (0, 0) --> (0.73, 0.5) --> (0.72, 0.12) --> (0.51, 0.85)**




> Network 架構（推廣） **Fully Connected**：將 neuron 分成一排一排，每排的 neuron 都**兩兩互相連接** **Feedforward Network**：傳遞的方向為 input-->layer1-->layer2...-->Output，不斷**單方向地往前傳遞** **Hidden layer**：input layer 及 output layer 以外的層皆為 hidden layer

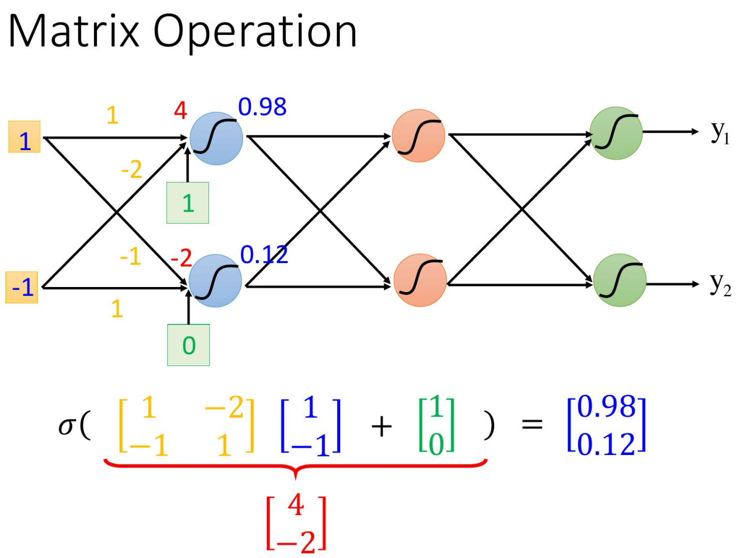



- 「**Deep**」意即 Many hidden layers

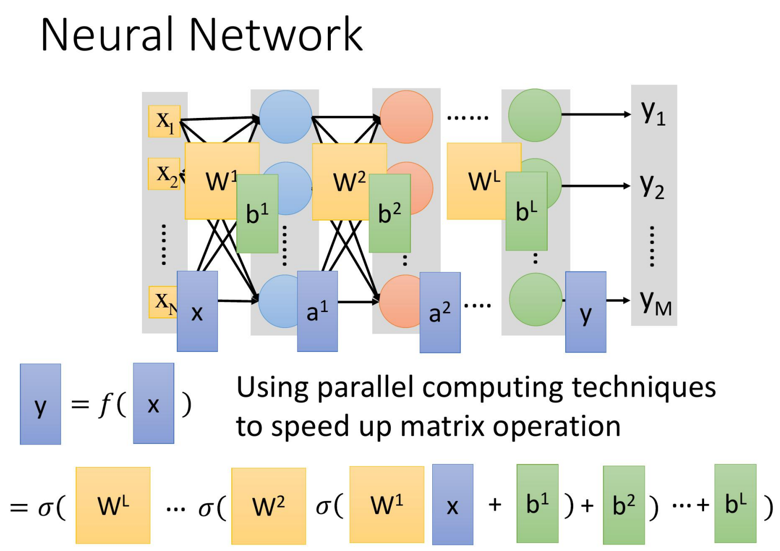



- **Network 的運作**

> 矩陣運算: $\begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -2 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ -2 \end{bmatrix}$
>
> 再通過 activation function, $\sigma$, (此處用 sigmoid function)，最後得output $\begin{bmatrix} 0.98 \\ 0.12 \end{bmatrix}$

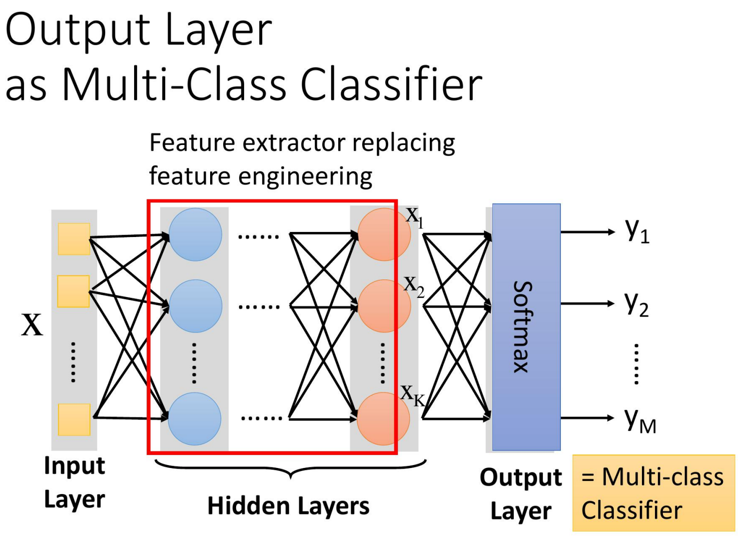



$\Rightarrow$ **Neural Network 的運作就是一連串的矩陣運算**, 如下圖所示



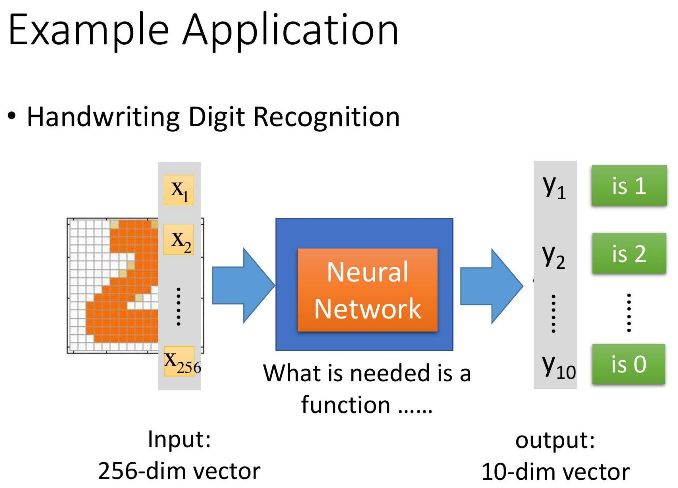

- **Output layer 即為 Multi-Class Classifier**

> 將 hidden layer 視為 feature extractor 將 output layer 視為 multi-class classifier，最後一個 layer 會加上 Softmax function




- **例子**：Input 一張手寫數字的 image，output 它對應到哪一個數字
  - **問題定義**

    > **Input**：解析度 16*16 的 Image，即一個 256 維的 vector
    >
    > **Output**：對應到 10 個數字的機率，即一個 10 維的 vector

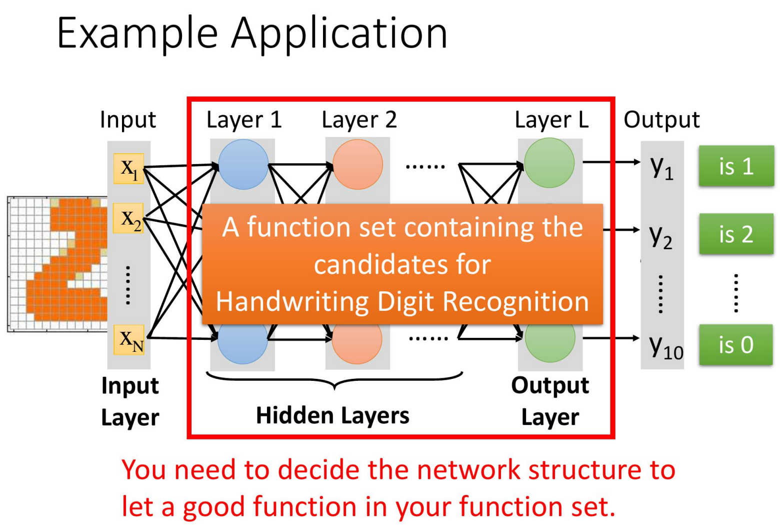



- **設計 network 架構**

  > 決定好 input, output 後，這個 network 就 define 了一個 function set 這個 function set 中，每一個 function 都可以拿來做手寫數字辨識，只有結果好壞的差別而已

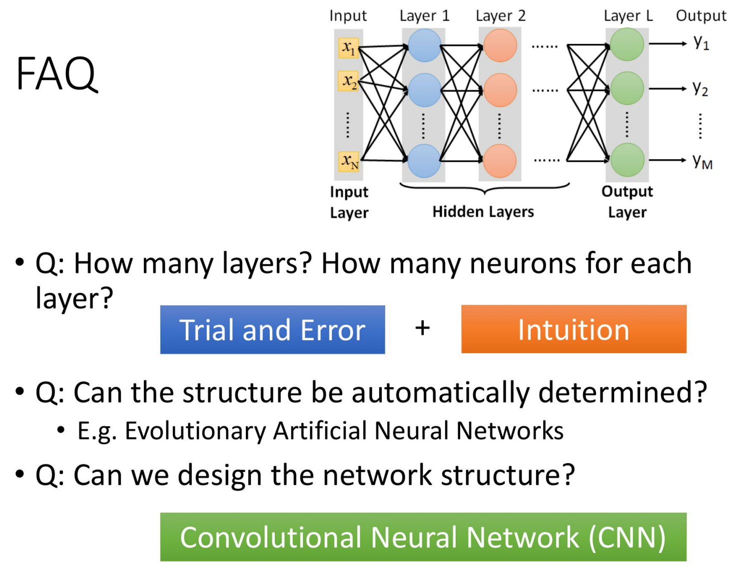
  ⇒ 我們要設計**「中間有幾層 hidden layer，每個 hidden layer 有多少的 neuron」**

  ⇒ 再用 **Geadient Descent** 找一組參數，挑出最適合做手寫數字的 function




- **常見問題**
  - 需要多少 hidden layer？每層 hidden layer 又需要多少 neuron？ ⇒ 需要多方的<u>嘗試</u>及<u>直覺</u>的猜測
  - 能不能夠自動學 network 的架構？ ⇒ 可以（細節可以請教余天立老師）
  - 我們能不能自己設計 network 的架構？

    ⇒ 可以，一個特殊的接法就是 Convolutional Neural Network (CNN)



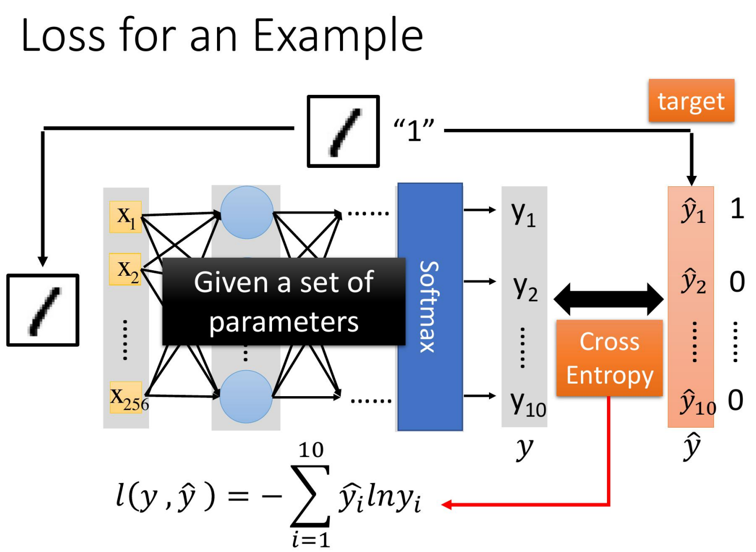

---

## Step 2: Goodness of function

- **決定參數的好壞**

  計算 output (y) 跟目標 ($\hat{y}$) 之間的 cross entropy

  ⇒ 調整 network 的參數，**<u>讓 cross entropy 越小越好</u>**



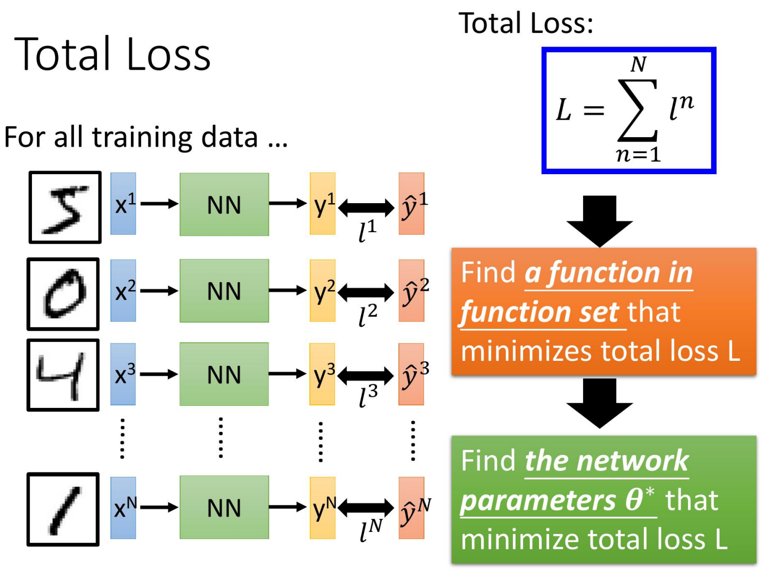

---

## Step 3: Pick the best function

- **Total loss (L)**

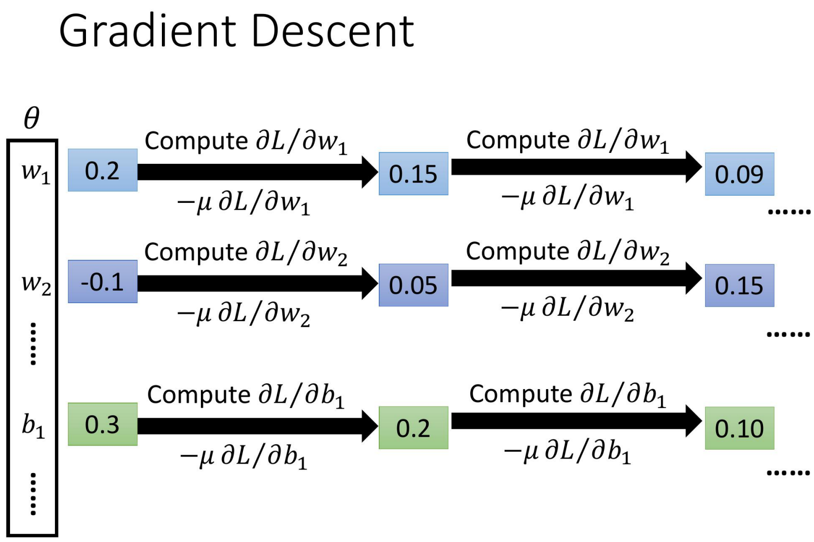
  將所有 data 的 cross entropy 全部加起來的總和，得到 total loss (L)

  ⇒ 在 function set 中找一個 function，或是找一組 network 的 parameter ($\theta^*$)，**<u>讓 total loss 越小越好</u>**




- **用 Gradient Descent 找 $\theta^*$ 最小化 $L$**

(可複習 Linear Regression 中 Gradient Descent的做法)



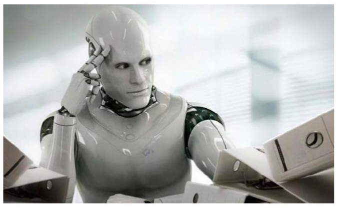

就做完 Deep Learning 了…

# Gradient Descent

This is the “learning” of machines in deep learning ……

Even alpha go using this approach.

People image ……



Actually …..

I hope you are not too disappointed :p