

KHOA CNTT & TRUYỀN THÔNG
BM KHOA HỌC MÁY TÍNH

MẠNG NƠ-RON NHÂN TẠO

ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

✉ *Giáo viên giảng dạy:*
TS. TRẦN NGUYỄN MINH THU
tnmthu@cit.ctu.edu.vn

1

Giới thiệu

Mạng nơ-ron nhân tạo (Artificial neural network - ANN)

- Mô hình hoá hoạt động của hệ thần kinh con người
- Được nghiên cứu lần đầu vào năm 1943 (McCulloch và Pitts, 1943)
- Perceptron: thể hệ đầu tiên của mạng nơ-ron (Rosenblatt, 1958)
 - Mô phỏng quá trình hoạt động của thị giác con người

Giới thiệu

Lịch sử

- 1943, McCulloch & Pitts đưa ra mô hình nơ-ron đầu tiên
- 1982, Mô hình mạng nơ-ron hồi tiếp của Hopfield
- 1984, Mạng nơ-ron Kohonen hay còn gọi là Bản đồ tự tổ chức (SOM)
- 1985, Mạng nơ-ron đa tầng (MLP)

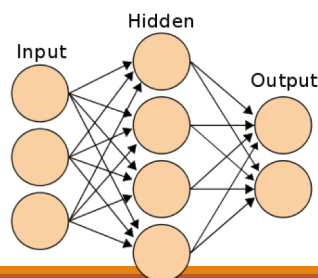
Mô hình mạng nơ-ron khác

– Mạng nơ-ron tích chập (Convolutional NN) của Yan LeCun.

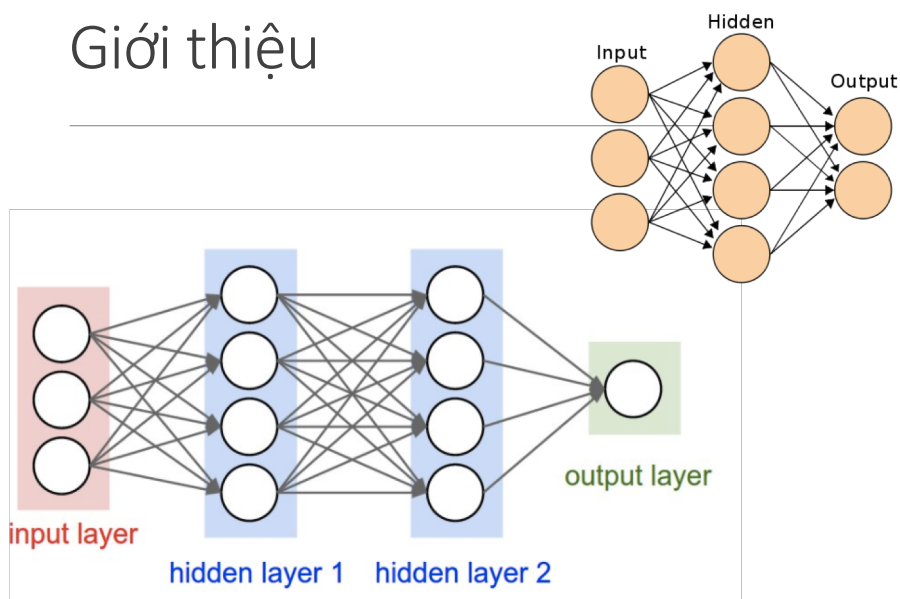
Giới thiệu

Mạng nơ-ron nhân tạo hay thường gọi ngắn gọn là **mạng nơ-ron** là một **mô hình toán học** hay **mô hình tính toán** được xây dựng dựa trên các **mạng nơ-ron sinh học**. Nó gồm có một nhóm các **nơ-ron nhân tạo** (nút) nối với nhau, và xử lý thông tin bằng cách truyền theo các kết nối và tính giá trị mới tại các nút (cách tiếp cận connectionism đối với **tính toán**).

Trong nhiều trường hợp, mạng nơ-ron nhân tạo là một **hệ thống thích ứng** (*adaptive system*) tự thay đổi cấu trúc của mình dựa trên các thông tin bên ngoài hay bên trong chảy qua mạng trong quá trình học.



Giới thiệu

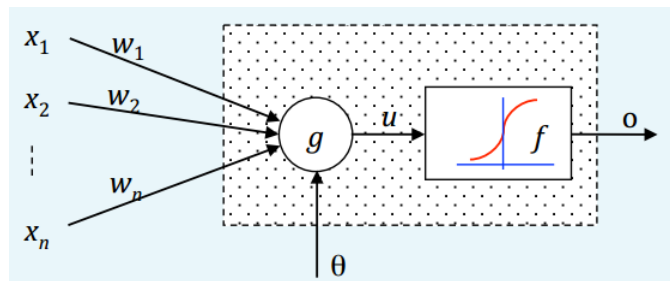


5

Mô hình nơ-ron McCulloch & Pitts

Nơ-ron: đơn vị tính toán cơ bản/đơn vị của tất cả các mạng nơ-ron:

- n đầu vào, 1 tham số, 1 đầu ra
- Hàm mạng/hàm kết hợp
- Hàm kích hoạt/hàm truyền



w_i : trọng số

θ : ngưỡng (threshold), độ lệch (bias)

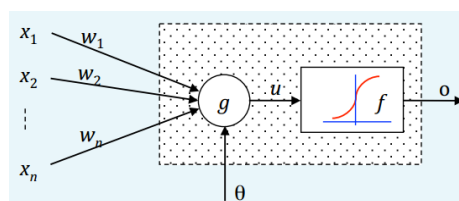
Mô hình nơ-ron McCulloch & Pitts

Nơ-ron: đơn vị tính toán cơ bản/đơn vị của tất cả các mạng nơ-ron:

- n đầu vào, 1 tham số, 1 đầu ra
- Hàm mạng/hàm kết hợp

$$u = g(x) = \theta + \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

- Hàm kích hoạt/hàm truyền



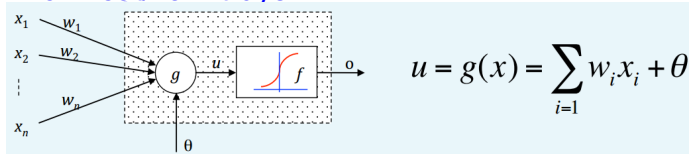
w_i : trọng số

θ : ngưỡng (threshold), độ lệch (bias)

Mô hình nơ-ron McCulloch & Pitts

Nơ-ron: đơn vị tính toán cơ bản/đơn vị của tất cả các mạng nơ-ron:

- n đầu vào, 1 tham số, 1 đầu ra
- Hàm mạng/hàm kết hợp
- Hàm kích hoạt/hàm truyền





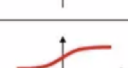



Đầu ra

$$o = f(u) = f(g(x))$$

$$f(u) = \frac{1}{1 + e^{-u/T}} \quad f(u)[1 - f(u)]/T$$

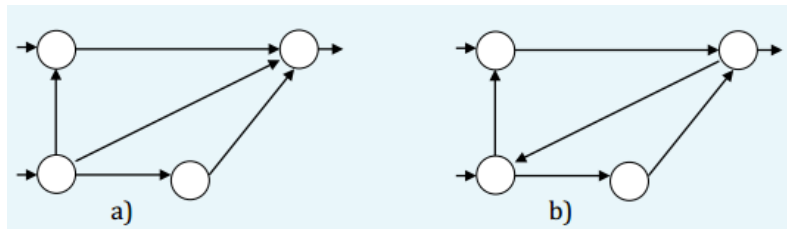
Hàm kích hoạt/ hàm truyền

Activation function	Equation	Example	1D Graph
Unit step (Heaviside)	$\phi(z) = \begin{cases} 0, & z < 0, \\ 0.5, & z = 0, \\ 1, & z > 0, \end{cases}$	Perceptron variant	
Sign (Signum)	$\phi(z) = \begin{cases} -1, & z < 0, \\ 0, & z = 0, \\ 1, & z > 0, \end{cases}$	Perceptron variant	
Linear	$\phi(z) = z$	Adaline, linear regression	
Piece-wise linear	$\phi(z) = \begin{cases} 1, & z \geq \frac{1}{2}, \\ z + \frac{1}{2}, & -\frac{1}{2} < z < \frac{1}{2}, \\ 0, & z \leq -\frac{1}{2}, \end{cases}$	Support vector machine	
Logistic (sigmoid)	$\phi(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$	Logistic regression, Multi-layer NN	
Hyperbolic tangent	$\phi(z) = \frac{e^z - e^{-z}}{e^z + e^{-z}}$	Multi-layer NN	

9

Kiến trúc mạng

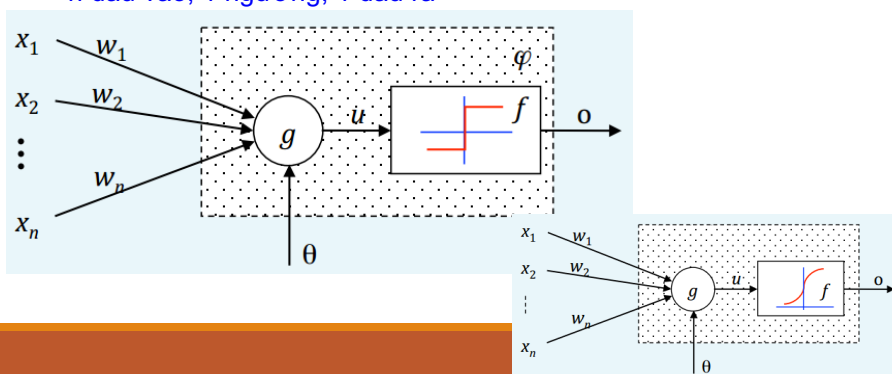
- Mạng truyền thẳng (forward)
- Mạng hồi tiếp (feedback)



Mô hình perceptron

Mô hình perceptron

- Do Rosenblatt đề xuất năm 1958
- Tương tự như mô hình nơ-ron của McCulloch&Pitts
- Perceptron tuyến tính có ngưỡng
 - n đầu vào, 1 ngưỡng, 1 đầu ra**



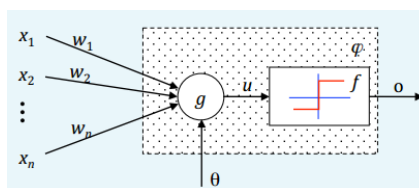
Mô hình perceptron

Perceptron tuyến tính có ngưỡng

- n đầu vào, **1 ngưỡng**, 1 đầu ra
- Hàm mạng tuyến tính

$$u = g(x) = \theta + \sum_{i=1}^n w_i x_i$$

- Hàm kích hoạt là hàm ngưỡng

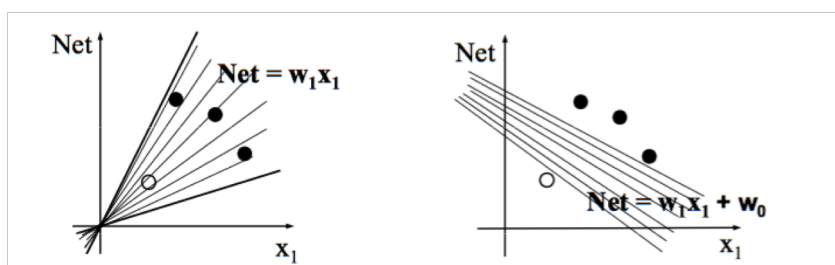


$$o = f(u) = f(g(x)) = \begin{cases} 1 & g(x) \geq 0 \\ 0 & g(x) < 0 \end{cases}$$

$$o = f(u) = f(g(x)) = \begin{cases} 1 & g(x) \geq 0 \\ -1 & g(x) < 0 \end{cases}$$

Ý nghĩa của giá trị theta

$$u = g(x) = \theta + \sum_{i=1}^n w_i x_i$$



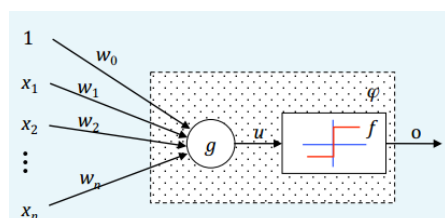
13

Mô hình perceptron

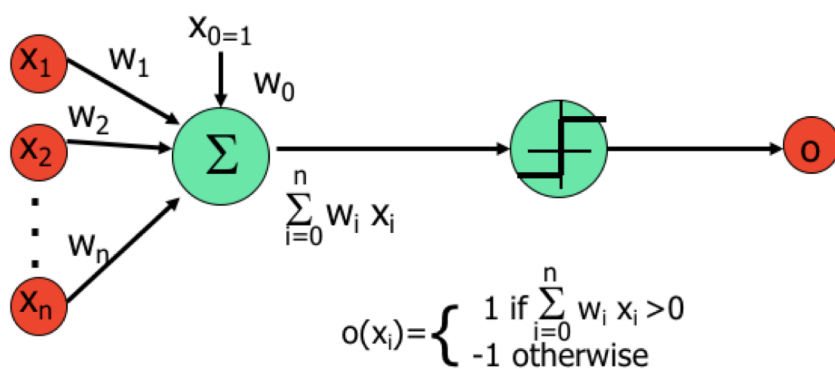
Perceptron tuyến tính không ngưỡng

- $n + 1$ đầu vào, 1 đầu ra
- Đầu vào giả x_0 luôn có giá trị 1, $w_0 = \theta$
- Hàm mạng tuyến tính

$$u = g(x) = \sum_{i=0}^n w_i x_i$$



Mô hình perceptron



Huấn luyện perceptron

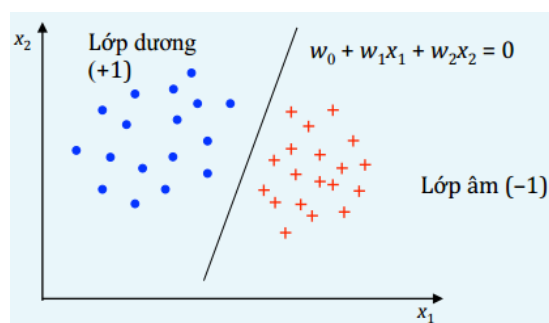
- Huấn luyện - Dạy cho perceptron
 - **Tìm kiếm n tham số:** $w_0, w_1, w_2, \dots, w_n$ sao cho đầu ra của nơ-ron phù hợp với giá trị mong muốn của tất cả dữ liệu học nhất.
- **Dữ liệu đầu vào:**
 - Tập các mẫu huấn luyện
 - Mỗi mẫu huấn luyện gồm: véc-tơ đặc trưng x và nhãn y .
- **Tham số:**
 - Tốc độ học: η (đọc là eta)
- **Về mặt hình học:**
 - Tìm siêu phẳng tách dữ liệu thành 2 lớp sao cho mỗi lớp về 1 phía của siêu phẳng này.

Mô hình perceptron

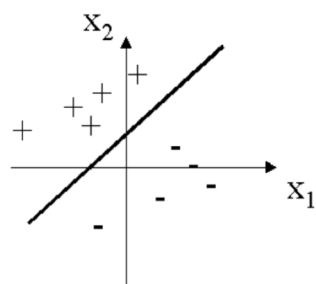
Ý nghĩa hình học

- Phương trình $u = g(x) = 0$ là phương trình của 1 siêu phẳng trong không gian n chiều.

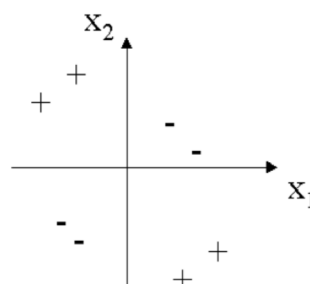
$$u = g(x) = \sum_{i=0}^n w_i x_i = 0$$



Dữ liệu khả tách tuyến tính?



Linearly Separable



Not Linearly Separable

Huấn luyện perceptron

Trường hợp dữ liệu khả tách tuyến tính

- Khởi tạo ngẫu nhiên các w
- Đưa từng mẫu học qua perceptron và quan sát giá trị đầu ra
- Nếu giá trị đầu ra khác với giá trị mong muốn, cập nhật lại các trọng số theo công thức:

$$w_j = w_j + \eta \cdot (y_i - o_i) \cdot x_{ij}, \forall j = 0..n$$

- Nếu giá trị **output bằng giá trị mong muốn**: trọng số không thay đổi do $y-o=0$
- Nếu giá trị **output nhỏ hơn giá trị mong muốn**: các trọng số sẽ được tăng một lượng tỉ lệ thuận với thành phần x_i của vectơ đặc trưng đang xét
- Nếu giá trị **output lớn hơn giá trị mong muốn**: các trọng số sẽ giảm đi một lượng tỉ lệ thuận với đầu vào

Bài tập

x1	x2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Thiết kế perceptron cho dữ liệu trong bảng
 Với các trọng số $w_0 = -0.2$, $w_1 = 0.5$, $w_2 = 0.5$
 Tốc độ học: $\eta = 0.15$