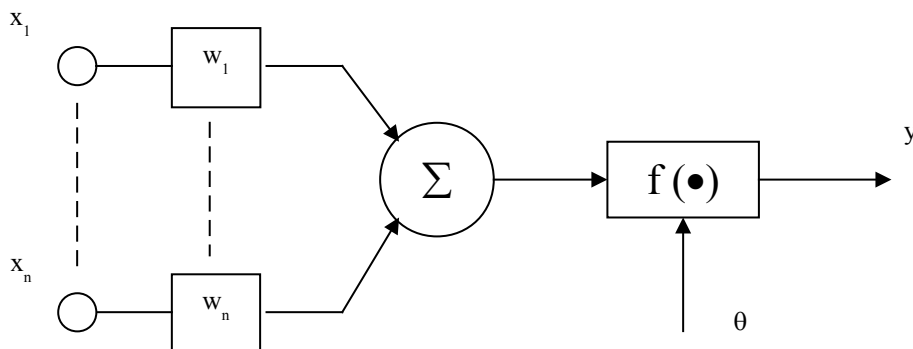


## IL PERCETTRONE

La struttura più semplice di una rete neurale è il perceptrone. Esso è costituito da un singolo neurone in grado di elaborare i segnali sinaptici di ingresso producendo in uscita un segnale binario corrispondente agli stati di inibizione o di eccitazione. I segnali sinaptici sono rappresentati dalle componenti di un vettore di ingresso a valori reali. Essi vengono combinati linearmente attraverso l'impiego di pesi sinaptici per confluire, insieme ad un valore di soglia, ad una funzione non lineare di attivazione. La figura seguente illustra la struttura di un perceptrone, nonché il processo elaborativo descritto.

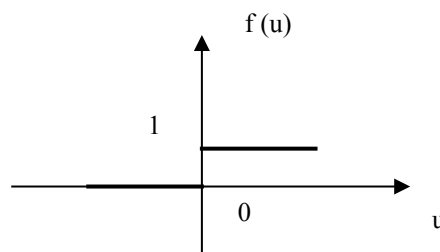


Modello del perceptrone

In termini formali l'uscita  $y$  è espressa dalla seguente formula:

$$y = f \left[ \sum_{i=1..n} w_i x_i - \theta \right]$$

dove  $x \equiv (x_1, x_2, \dots, x_n)$  è il vettore di ingresso,  $(w_1, w_2, \dots, w_n)$  sono i pesi sinaptici,  $\theta$  è la soglia di offset, ed  $f(\bullet)$  è la funzione di attivazione, generalmente caratterizzata dalla funzione gradino ( $f(u) = 1$  se  $u > 0$ ,  $f(u) = 0$  se  $u \leq 0$ ).



Funzione gradino

Il perceptrone rappresenta un esempio di classificatore binario. Lo spazio n-dimensionale dei valori di ingresso è suddiviso in due regioni dall'iperpiano definito dalla seguente equazione:

$$\sum_{i=1..n} w_i x_i - \theta = 0$$

I valori dei pesi sinaptici possono essere fissati a priori o modificati nel tempo attraverso una fase di apprendimento, durante la quale sono forniti al perceptrone degli esempi di training sotto forma di coppie ingresso-uscita del tipo  $\{ x, y \}$ .

L'obiettivo è minimizzare una funzione errore aggiornando in modo iterativo i pesi sinaptici fino a convergere a risultati ottimali.

Inizialmente i pesi  $w_i$  e la soglia  $\theta$  assumono valori casuali piccoli. Al tempo  $t$  viene fornita la coppia di training  $\{ x(t), y(t) \}$  e calcolato il valore della funzione errore da minimizzare. Essa è definita nel seguente modo:

$$e(t) = y(t) - g(t)$$

dove  $g(t)$  rappresenta la risposta del perceptrone al tempo  $t$ , ovvero  $g(t) = f [ \sum_{i=1..n} w_i x_i - \theta ]$ .

I pesi sinaptici sono aggiornati in accordo alla regola di correzione dell'errore, detta anche *regola delta*, in base alla quale il generico peso  $w_i$  è corretto in proporzione all'errore  $e(t)$ :

$$w_i(t+1) = w_i(t) + \eta \cdot e(t) \cdot x_i(t) \quad \text{con } 0 < \eta \leq 1$$

dove  $\eta$  è detto *tasso di apprendimento*.

Anche per la soglia di offset vale la regola delta:  $\theta(t+1) = \theta(t) + \eta \cdot e(t)$ .

La fase di apprendimento termina quando la funzione errore assume un valore inferiore ad una data soglia  $\epsilon$ .