

APRENDIZAJE ASOCIATIVO

Regla de Hebb: Esta regla puede interpretarse matemáticamente teniendo en cuenta que si dos neuronas en cualquier lado de la sinápsis son activadas simultáneamente, la longitud de la sinápsis se incrementará. Si se revisa la figura 3 correspondiente a un asociador lineal, se ve como la salida a , es determinada por el vector de entrada p .

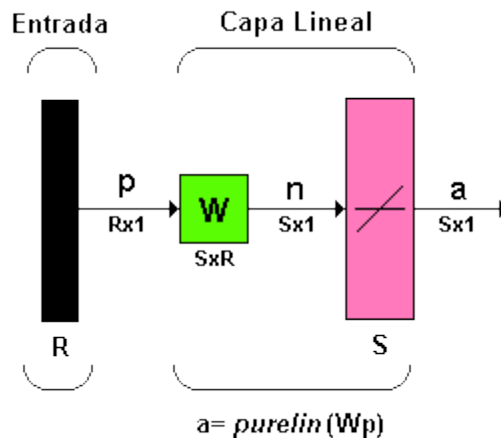


Figura 3 Asociador Lineal

$$a_i = \sum_{j=1}^R w_{ij} p_j \quad (4)$$

Puede notarse como la conexión (sinápsis) entre la entrada p_j y la salida a_i es el peso w_{ij} . De esta forma el postulado de Hebb implica que si un valor positivo p_j produce un valor positivo a_i , el valor de w_{ij} debe incrementarse,

$$w_{ij}^{\text{nuevo}} = w_{ij}^{\text{anterior}} + \alpha(a_{iq})(p_{jq}) \quad (5)$$

Donde :

p_{jq} : j -ésimo elemento del q -ésimo vector de entrada p_q

a_{iq} : i -ésimo elemento de salida de la red, cuando el q -ésimo vector de entrada es presentado

α : es el factor de aprendizaje, la cual es un valor positivo constante



La regla de Hebb dice que el cambio en el peso w_{ij} es proporcional al producto de las funciones de activación en cualquier lado de la sinápsis. Así, los pesos serán incrementados cuando p_j y a_i sean positivos, pero también lo harán cuando ambos parámetros sean negativos, en contraposición los pesos se decrementarán cuando p_j y a_{ij} tengan signos contrarios.

La regla de aprendizaje de Hebb determina que el incremento del peso w_{ij} entre la entrada p_j de una neurona y su salida a_i en la q -ésima iteración es:

$$w_{ij}(q) = w_{ij}(q-1) + \alpha a_i(q)p_j(q) \quad (6)$$

El factor de aprendizaje α determina cuantas veces un estímulo y su respuesta deben ocurrir juntos antes de que la asociación sea hecha. En la red de la figura 2, una asociación será hecha cuando $w > -b = 0.5$, entonces para una entrada $p=1$ se producirá una salida $a=1$, sin importar el valor de p^0

Para comprender el funcionamiento de la regla de Hebb, ésta se aplicará a la solución del asociador de una fruta.

El asociador será inicializado con los siguientes valores:

$$w^0=1, w(0) = 0 \quad (7)$$

El asociador será repetidamente expuesto a la fruta; sin embargo mientras el sensor de olor trabajará en forma siempre confiable (estímulo condicionado), el sensor de la forma operará intermitentemente (estímulo no condicionado). Así la secuencia de entrenamiento consiste en la repetición de la siguiente secuencia de valores de entrada:

$$\{p^0(1) = 0, p(1) = 1\}, \{p^0(2) = 1, p(2) = 1\} \dots \quad (8)$$

Usando un factor de aprendizaje $\alpha=1$, y empleando la regla de Hebb, serán actualizados los pesos w correspondientes al estímulo condicionado, ya que como se dijo anteriormente, los pesos correspondientes al estímulo no condicionado se mantendrán constantes.



La salida para la **primera iteración** ($q=1$) es:

$$\begin{aligned} a(1) &= \text{hardlim}(w^0 p^0(1) + w(0) p(1) - 0.5) \\ &= \text{hardlim}(1*0 + 0*1 - 0.5) = 0 \text{ No hay respuesta (9)} \end{aligned}$$

El olor solamente no ha generado una respuesta esto es, no hubo una asociación entre el olor de la fruta y el concepto de la fruta como tal, sin una respuesta la regla de Hebb, no altera el valor de w

$$w(1) = w(0) + a(1) p(1) = 0 + 0*1 = 0 \text{ (10)}$$

En la **segunda iteración**, son detectados tanto la forma como el olor de la fruta y la red responderá correctamente identificando la fruta

$$\begin{aligned} a(2) &= \text{hardlim}(w^0 p^0(2) + w(1) p(2) - 0.5) \text{ (11)} \\ &= \text{hardlim}(1*1 + 0*1 - 0.5) = 1 \text{ La fruta ha sido detectada} \end{aligned}$$

Como el estímulo del olor y la respuesta de la red ocurrieron simultáneamente la regla de Hebb, incrementa los pesos entre ellos.

$$w(2) = w(1) + a(2) p(2) = 0 + 1*1 = 1 \text{ (12)}$$

En la **tercera iteración** a pesar de que el sensor de la forma falla nuevamente, la red responde correctamente. La red ha realizado una asociación útil entre el olor de la fruta y su respuesta.

$$\begin{aligned} a(3) &= \text{hardlim}(w^0 p^0(3) + w(2) p(3) - 0.5) \text{ (13)} \\ &= \text{hardlim}(1*0 + 1*1 - 0.5) = 1 \text{ La fruta ha sido detectada} \end{aligned}$$

$$w(3) = w(2) + a(3) p(3) = 1 + 1*1 = 2 \text{ (14)}$$

Ahora la red es capaz de identificar la fruta por medio de su olor o de su forma; incluso si los dos sensores tienen fallas intermitentes, la red responderá correctamente la mayoría de las veces.



NOTA:

Una forma de mejorar la regla de Hebb, es adicionar un término que controle el crecimiento de la matriz de peso, a esta modificación se le da el nombre de regla de Hebb con factor de olvido.

