

APRENDIZAJE ASOCIATIVO

Red Outstar: Ya se ha visto como la red Instar (con una entrada tipo vector y una salida tipo escalar) puede resolver problemas de reconocimiento de patrones por asociación de un vector particular de estímulo, con su respuesta. La red Outstar, mostrada en la figura 1 tiene una **entrada tipo escalar y una salida tipo vectorial** y puede recordar patrones por asociación de un estímulo con un vector de respuesta.

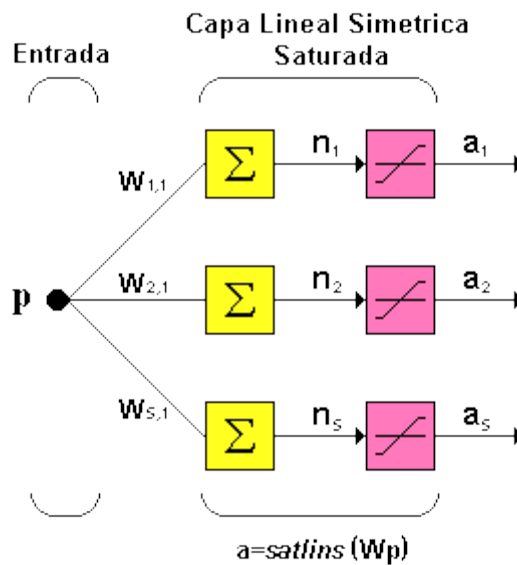


Figura 1 Red Outstar

La **expresión de salida** de esta red es:

$$a = \text{satlins}(Wp) \quad (2.4.30)(1)$$

Se desea recordar un vector con valores entre -1 y 1 , para lo cual se utilizará la función de saturación simétrica *satlins*, aunque pueden usarse otras funciones como por ejemplo *hardlins*.

Para derivar la regla Instar, el problema del olvido presentado por la regla de aprendizaje de Hebb fue limitado por el nuevo término de peso, el cual era proporcional a la salida de la red a_i . De manera similar, para obtener la regla de aprendizaje Outstar el término con olvido se hará proporcional a la entrada de la red p_j ya que la salida de esta red es un vector, con el cual se espera simular el estímulo no condicionado



$$w_{ij}(q) = w_{ij}(q-1) + \alpha a_i(q) p_j(q) - \eta p_i(q) w_{ij}(q-1) \quad (2.4.31)(2)$$

Si se hace el factor de olvido η igual al factor de aprendizaje α se obtiene

$$w_{ij}(q) = w_{ij}(q-1) + \alpha (a_i(q) - w_{ij}(q-1)) p_j(q) \quad (2.4.32)(3)$$

La regla Outstar tiene propiedades complementarias a la regla Instar; el aprendizaje ocurre cuando una entrada p_j tiene un valor diferente a cero (en lugar de a_i). Cuando el aprendizaje ocurre, la columna w_j , se acerca al vector de salida.

Se presenta la red de la figura 2, para observar el funcionamiento del algoritmo

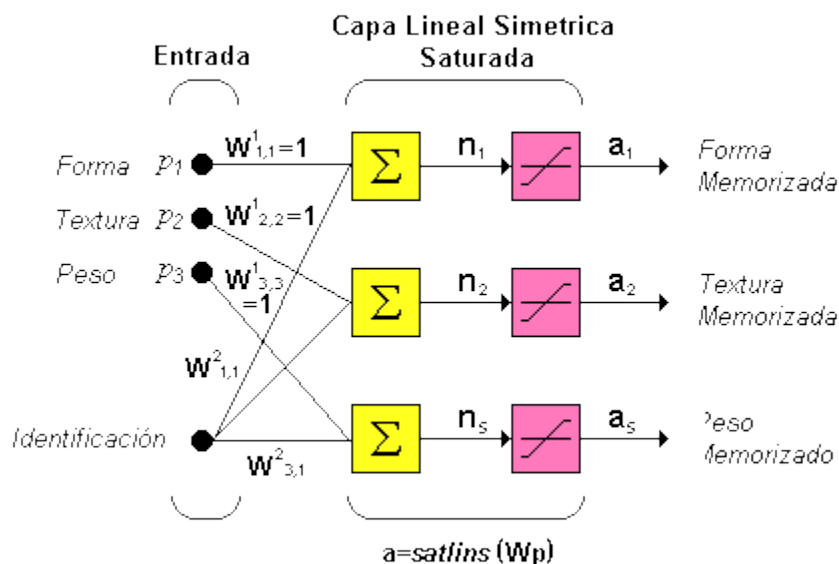


Figura 2 Reconocimiento de una fruta mediante una Outstar

La salida de la red será calculada como:

$$a = \text{satlins}(W^0 p^0 + Wp) \quad (2.4.33)(4)$$



Donde

$$\mathbf{W}^0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Continuando con el reconocimiento de frutas, los estímulos condicionado y no condicionado son:

$$\mathbf{p}^0 = \begin{bmatrix} \textit{forma} \\ \textit{textura} \\ \textit{peso} \end{bmatrix} \quad p = \begin{cases} 1, & \textit{la fruta es visualizada} \\ 0, & \textit{la fruta no es visualizada} \end{cases}$$

Como puede verse el estímulo no condicionado para una red Outstar tiene forma vectorial y el estímulo no condicionado forma escalar, en forma opuesta a la red de Instar; **la salida esperada de la red**, es el **vector de medidas de la fruta** para cualquier entrada disponible.

La matriz de pesos para el estímulo no condicionado \mathbf{W}^0 es la matriz identidad, así cualquier conjunto de medidas \mathbf{p}^0 (con valores entre 1 y -1) será reproducido a la salida de la red. La matriz de pesos para el estímulo condicionado \mathbf{W} , es inicializada en ceros para que un 1 en p no genere respuesta. \mathbf{W} será actualizada con la regla Outstar, usando un factor de aprendizaje de 1.

La secuencia de entrenamiento consiste en repetidas presentaciones de la visualización de la fruta y de sus medidas, las cuales se escogieron de la siguiente forma:

$$p^0 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$



Para probar la red, el sistema de medidas de la red será presentado intermitentemente

$$\left\{ \mathbf{p}^0(1) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, p(1) = 1 \right\}, \left\{ \mathbf{p}^0(2) = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}, p(2) = 1 \right\} \quad (7)$$

En la **primera iteración** la fruta es vista pero sus medidas no están disponibles, y como el vector de medidas es en este caso el estímulo no condicionado la red no entregará una respuesta.

$$\mathbf{a} = \text{satlins}(\mathbf{W}^0 \mathbf{p}^0(1) + \mathbf{W} p(1)) \quad (8)$$

$$\mathbf{a}(1) = \text{satlins} \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} 1 \right) = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ no hay respuesta}$$

La red ve la fruta, pero **no puede determinar sus medidas** porque aún no las ha aprendido; por lo tanto los pesos no son alterados

$$\mathbf{w}_1(1) = \mathbf{w}_1(0) + (\mathbf{a}(1) - \mathbf{w}_1(2)) p(1) \quad (9)$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right) 1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

En la **segunda iteración**, tanto la fruta como sus medidas son presentadas a la red

$$\mathbf{a}(2) = \text{satlins} \left(\begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} 1 \right) = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ medidas correctas} \quad (10)$$



La red entregó las medidas de la fruta a la salida, es decir **realizó la primera asociación entre la fruta y sus medidas**, por lo tanto los pesos son actualizados

$$w_1(2) = w_1(1) + (a(2) - w_1(1))p(2) \quad (11)$$

$$= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \left(\begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right) 1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Cuando la fruta fue visualizada y sus medidas presentadas, la red forma una asociación entre ellas, la matriz de pesos es ahora una copia de las medidas de la fruta y de esa forma podrá recordarlas más adelante.

En la **tercera iteración**, las medidas no son presentadas a la red, y aún así la red las reproduce porque las recuerda por medio de la asociación que realizó

$$a(3) = \text{satlins} \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} 1 \right) = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \text{ medidas recordadas} \quad (12)$$

Desde este momento, los pesos no sufrirán grandes cambios, a menos que la fruta sea vista con medidas diferentes

$$w_1(3) = w_1(2) + (a(3) - w_1(2))p(3) \quad (13)$$

$$= \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} + \left(\begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \right) 1 = \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$



Algunas Aplicaciones:

Las redes de Instar y Outstar son empleadas conjuntamente en la red ART, y cada una en forma independiente son utilizadas en gran cantidad de aplicaciones debido a su fácil implementación y al funcionamiento casi intuitivo de su regla de aprendizaje; las redes asociativas se utilizan principalmente para filtrado de información en la reconstrucción de datos, eliminando distorsiones o ruido, también se emplean para explorar relaciones entre informaciones similares, para facilitar la búsqueda por contenido en bases de datos y para resolver problemas de optimización.

